

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA
FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”**

**PABLO CÉSAR GODOY CAGUANA
CHRISTIAN ANDRÉS MORA SÁNCHEZ**

TESIS DE GRADO

**Prevía la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Riobamba – Ecuador

2009

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 27 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

PABLO CÉSAR GODOY CAGUANA.

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA
FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.
DECANO

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. IVÁN MORÁN F.

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

f) ING. IVÁN CANTOS C.

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 27 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

CHRISTIAN ANDRÉS MORA SÁNCHEZ.

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA
FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

DECANO

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. IVÁN MORÁN F.

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

f) ING. IVÁN CANTOS C.

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PABLO CÉSAR GODOY CAGUANA.

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”.

Fecha de Examinación: Marzo 27 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. WASHINGTON ZABALA M.			
ING. IVÁN MORÁN F.			
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. IVÁN CANTOS C.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CHRISTIAN ANDRÉS MORA SÁNCHEZ.

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA LA FABRICACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN”.

Fecha de Examinación: Marzo 27 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. WASHINGTON ZABALA M.			
ING. IVÁN MORÁN F.			
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. IVÁN CANTOS C.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior politécnica de Chimborazo.

Pablo César Godoy Caguana

Christian Andrés Mora Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a DIOS creador del universo, que nos dio y nos seguirá dando fortaleza para seguir adelante todos los días.

Agradecemos a nuestra familia que siempre está presente en nuestras ideas, y juegan un papel importante en la toma de nuestras decisiones, su apoyo es de suma importancia en el desarrollo de este proyecto.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Agradecemos a nuestros profesores y amigos que siempre estuvieron apoyándonos de una u otra manera para que no desmayemos y culminemos con éxito lo que alguna vez empezamos.

DEDICATORIA.

Dedico este proyecto a mi familia, amistades y profesores los cuales ayudaron con su apoyo incondicional a aplicar mis conocimientos y estar más cerca mi meta profesional.

C.A.M.S

Este trabajo lo dedico a Dios por darme las fuerzas para seguir adelante, a mis queridos padres: Julio Godoy y Ana Caguana, los cuales me apoyaron durante la vida estudiantil y me supieron apoyar, aconsejar y dar la mejor herencia; la educación.

A mis hermanos: Julio y Elisa con quienes crecí, y recibí un apoyo incondicional.

A mis amigos con quienes compartí mi vida estudiantil

P.C.G.C.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnica económica	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
2. LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	
2.1 Construcción de los prefabricados de hormigón.....	3
2.1.1 Introducción	3
2.1.2 Utilidades del hormigón ligero para prefabricados.....	3
2.1.3 Parámetros importantes de los prefabricados	3
2.1.4 Dosificación y mezclado	4
2.1.5 Moldeado	5
2.1.6 Curado	6
2.1.7 Prefabricados de Concreto/Hormigón.....	6
2.2 Mezcladoras	8
2.2.1 Tipos de mezcladoras [1].	8
2.2.2 Sistema de alimentación	9
2.3 Sistemas de elevación y transporte	11
2.3.1 Aparatos de elevación [7].	11
2.4 Vibrocompresora.....	13
2.4.1 Tipos de vibrocompresoras	13
2.4.2 Sistema de alimentación de mezcla	14
2.4.3 Sistema de alimentación de tableros	14
2.4.3 Sistema de Vibración [1] [2].	14
2.4.4 Sistema de Desmoldeo.....	16
2.5 Unidad hidráulica	16
2.5.1 Características especiales que destacan a la Hidráulica:	17
2.5.2 Fluidos hidráulicos	17
2.6 Automatización y control	17
2.7 Descripción funcional de la máquina	18
2.8 Esquema de la máquina.....	20
3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS SISTEMAS	
3.1 Requerimientos productivos.....	21
3.2 Cálculo y dimensionamiento del sistema de mezclado	21
3.3 Velocidad de giro del eje porta paleta [1]	22
3.4 Cálculo de fuerzas en las paletas [2]	24
3.5 Potencia requerida del motor.	26
3.6 Cálculo de las transmisiones.....	26
3.6.1 Cálculo de la primera transmisión por bandas [3] [4] [6].....	26
3.7 Cálculo y dimensionamiento del sistema de elevación de la mezcla	30
3.7.1 Elevador de cangilones.....	30
3.7.2 Dimensionamiento del tambor	34
3.7.3 Diseño del eje principal para tambores enrolladores de cable	36
3.8 Cálculo y dimensionamiento del sistema de alimentación de mezcla	40
3.8.1 Fuerza requerida para el accionamiento del carro transportador.....	41
3.8.2 Diseño de los ejes para el carro transportador [12].	42
3.9 Cálculo y dimensionamiento del sistema de vibración.....	43
3.9.1 Sistema de vibración [14].	43
3.9.2 Cálculo de la potencia para el motor de vibración [14].	45

3.10	Cálculo y dimensionamiento del sistema de compactación	46
3.11	Cálculo y dimensionamiento del sistema de desmoldeo	47
3.11.1	Mecanismo de desmoldeo	47
3.11.2	Dimensionamiento del mecanismo	48
3.11.3	Cálculo de fuerzas de desmoldeo	50
3.11.4	Diseño del eslabón BC	56
3.11.5	Diseño del eslabón AB	59
3.12	Cálculo y dimensionamiento del sistema de alimentación de tableros	62
3.13	Cálculo de la chaveta y chavetero para las poleas de mezcladora	63
3.14	Selección de rodamientos [21]	65
3.15	Cálculo estructural	66
3.15.1	Verificación de la tolva	67
3.13.2	Verificación de la estructura del elevador	68
4.	SISTEMA HIDRÁULICO	
4.1	Diseño del sistema hidráulico.	70
4.1.1	Esquema y descripción del sistema hidráulico	70
4.1.2	Selección de cilindros	72
4.1.3	Cálculo de caudales para un ciclo de movimientos	74
4.1.4	Selección del relief principal	75
4.1.5	Selección de electroválvulas	76
4.1.6	Selección de regulador de caudal	77
4.1.7	Selección de la tubería	78
4.1.8	Selección de la bomba.	79
4.1.9	Verificación de presión y tiempo de salida de los cilindros	80
4.1.10	Elementos constitutivos del sistema hidráulico	81
4.1.11	Selección del motor eléctrico	81
4.1.12	Cálculo del calor producido	82
4.1.13	Verificación de la temperatura máxima de operación del aceite	85
5.	CIRCUITO ELÉCTRICO	
5.1	Diseño del circuito del panel de control	87
5.1.1	Elementos a controlar	87
5.1.2	Circuito eléctrico.	88
5.1.3	Programación del PLC	95
6.	CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	
6.1	Construcción	99
6.1.1	Máquinas herramientas y equipo utilizado.	99
6.1.2	Descripción del proceso de construcción.	100
6.1.3	Operaciones tecnológicas de la construcción.	103
6.1.4	Cursograma sinóptico de la construcción	110
7.	PRUEBAS Y RESULTADOS	
7.1	Plan de pruebas	113
7.2	Pruebas y resultados.	113
7.3	Análisis de resultados	115
8.	COSTOS	
8.1	Costos directos.	116
8.1.2	Costos indirectos.	121
8.2	Costos totales	121
8.2.1	Análisis de costos por operación y mantenimiento.	121
8.2.2	Otros	122
9.	MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA	

9.1	Operación y mantenimiento de la máquina.	126
9.1.1	Indicaciones básicas para el montaje.	126
9.2	Operaciones de montaje y tiempos de las partes.	127
9.3	Operación inicial de la máquina.	129
9.4	Mantenimiento de la máquina.	130
9.4.1	Mantenimiento mecánico.	130
9.4.2	Mantenimiento hidráulico.	131

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1	Conclusiones.....	134
10.2	Recomendaciones	135
10.3	Recomendaciones para una futura optimización	136

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BIBLIOGRAFÍA.

LINKOGRAFÍA.

ANEXOS.

PLANOS.

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
I. Velocidades aproximadas de impacto de algunos dispositivos giratorios internos en las mezcladoras.....	22
II. Diámetros de poleas para transmisiones	27
III. Pesos y volúmenes de adoquines	31
IV. Diámetros de las llantas de poleas y de tambores para cables de acero	34
V. Variación de fuerzas obtenidas en diferentes ángulos del eslabón 2.....	55
VI. Dimensiones de chavetas y chaveteros	64
VII. Selección de Chaveta [20]	64
VIII. Selección de Chavetero [20]	64
IX. Propiedades de rodamientos SKF	66
X. Propiedades de chumaceras SKF.....	66
XI. Fuerzas requeridas para cada proceso	72
XII. Diámetros requeridos.....	73
XIII. Características de cilindros hidráulicos seleccionados.....	74
XIV. Caudal requerido para los cilindros	75
XV. Verificación.....	80
XVI. Tabla de Actuadores, accesorios y demás elementos para el sistema	81
XVII. Asignaciones del PLC	96
XVIII. Equipos utilizados en la construcción.....	99
XIX. Partes constitutivas de la máquina	100
XX. Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción de la máquina para los prefabricados de hormigón	103
XXI. Costos materiales y accesorios mecánicos.	116
XXII. Costos materiales hidráulicos.....	118
XXIII. Costos de materiales y accesorios eléctricos y electrónicos.....	118
XXIV. Costo total por materiales.....	120
XXV. Costos por maquinaria y equipos utilizados.	120
XXVI. Costos por mano de obra.	120
XXVII. Costos por transporte.....	120
XXVIII. Valor total costos directos	121
XXIX. Costos indirectos	121
XXX. Consumo eléctrico.....	122
XXXI. Costos de operación y mantenimiento en un mes.	122
XXXII. Depreciación anual de la máquina.	123
XXXIII. Costos fijos y costos variables de funcionamiento.	124
XXXIV. Requerimientos hidráulicos para montaje del sistema hidráulico.	126
XXXV. Montaje de la mezcladora.	127
XXXVI. Montaje del sistema de elevación para mezcla por cangilón.	127

XXXVII.	Montaje de estructura de vibrocompactadora.....	127
XXXVIII.	Montaje de los moldes.....	127
XXXIX.	Montaje del sistema de alimentación de mezcla.	128
XL.	Montaje del sistema de alimentación de tableros.	128
XLI.	Montaje del sistema de vibración.....	128
XLII.	Montaje del sistema hidráulico.	129
XLIII.	Problemas frecuentes y posibles soluciones.....	132

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
1 Mezcladora con dosificación	4
2 Moldes para prefabricados de hormigón	5
3 Horno para curado de productos de concreto	6
4 Producto en forma ranurada	6
5 Producto en forma esplinada	7
6 Producto en forma acanalada con costillas	7
7 Producto en forma cara pulida	7
8 Producto en forma de adoquines o pavimentadores	8
9 Mezcladora de turbina	9
10 Disposición de dos detectores de proximidad para la dosificación aproximada y la dosificación lenta del material	10
11 Distintas ejecuciones para el accionamiento neumático de cierres de silos y de	10
12 Elevador de cangilones	12
13 Elevadores de cangilones	12
14 Vibrocompresora fija.	13
15 Alimentador de tableros	14
16 Mesa vibradora	14
17 Sistema de desmoldeo	16
18 Central hidráulica	17
19 PLC industrial (controlador lógico programable)	18
20 Tablero eléctrico de control	18
21 Esquema general de la vibrocompresora	20
22 Mezcladora de turbina	21
23 Transmisión para mezcladora	22
24 Dimensionamiento de paletas	24
25 Representación general de las fuerzas actuantes en la paleta	24
26 Representación de las fuerzas en el sistema paleta-masa del hormigón. Plano Y-Z	25
27 Elevador de cangilones	30
28 Representación de la carga nominal W	31
29 Diagrama de fuerzas del elevador	32
30 Diagrama de tensiones en cadena	37
31 Eje para tambores juntadores de cable	38
32 Diagrama de fuerzas	38
33 Diagrama de fuerzas en el plano XZ	38
34 Diagrama de fuerzas en el plano XY	38
35 Fluctuación de los esfuerzos	39
36 Alimentador de mezcla	41
37 Eje para ruedas de carro transportador	42
38 Representación gráfica de la excéntrica	44
39 Molde de compactación	46
40 Mecanismo de desmoldeo	47
41 Medidas estándar de un adoquín hexagonal	46
42 Molde para prefabricados de hormigón	48
43 Separación entre el molde y el tablero	48

44	Diagrama de velocidades	49
45	Brazo principal para mecanismo de desmolde	49
46	Diagrama de aceleraciones	50
47	El muro de retención con respaldo de arena (a) está sujeto a una distribución triangular de presión (b).....	51
48	Diagrama de esfuerzos del eslabón 3	54
49	Esquema del mecanismo	55
50	Recorrido α de los eslabones del mecanismo de desmolde.....	55
51	Esquema de fuerzas actuantes en el eslabón BC.....	56
52	Esquema de secciones más críticas en el eslabón 3	56
53	Fluctuación de la fuerza en función del tiempo	57
54	Sección B-B.....	57
55	Representación de F en el eslabón	58
56	Esquema de fuerzas actuantes en el eslabón 2.....	59
57	Diagrama de fuerzas	59
58	Sección G-G	60
59	Fluctuación de esfuerzos	61
60	Sistema de alimentación de tableros.....	62
61	Representación de medidas de una chaveta.....	64
62	Estructura del elevador	67
63	Efecto de la presión ejercida en las paredes	68
64	Estructura principal del elevador	69
65	Deformaciones unitarias	69
66	Diagrama del sistema hidráulico	71
67	Configuración de montaje	74
68	Secuencia de movimientos	79
69	Diagrama del PLC.....	88
70	Circuito de conexión de motores	90
71	Circuito de comando de Electroválvulas	91
72	Circuito de conexiones del PLC.....	92
73	Circuito de control manual.....	93
74	Circuito de conexiones de luces piloto	94
75	Secuencia de movimientos del elevador	95
76	Secuencia de movimientos de la vibrocompresora	95
77	Programación en PLC.....	98

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A1:	Coeficiente Ka de presión activa lateral.
ANEXO A2:	Tablas para selección de bandas.
ANEXO A3:	Correas trapeciales PIRELLI.
ANEXO A4:	Tablas para selección de cables de acero y factores de seguridad.
ANEXO A5:	Propiedades de cables metálicos.
ANEXO B1:	Propiedades y especificaciones de bombas hidráulicas kompass.
ANEXO B2:	Propiedades de válvulas hidráulicas kompass.
ANEXO B3:	Especificaciones de válvulas hidráulicas kompass.
ANEXO B4:	Especificaciones de vías de electroválvulas.
ANEXO B5:	Especificaciones de bovinas de electroválvulas.
ANEXO B6:	Acoples para montaje de cilindros hidráulicos.
ANEXO B7:	Especificaciones de válvulas de control de presión.
ANEXO B8:	Especificaciones de válvulas reguladoras de caudal.
ANEXO B9:	Especificaciones de filtros y accesorios hidráulicos.
ANEXO B10:	Acoplamientos elásticos.

RESUMEN

Se ha diseñado y construido una Máquina Automatizada para el Proceso de Fabricación de Prefabricados de Hormigón, con la finalidad de reducir la mano de obra, el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto respecto al que se lo obtiene manualmente.

Los conocimientos básicos para desarrollar este proyecto, fueron adquiridos en el mercado nacional en plantas industriales donde se trabaja todavía con procesos manuales. Los prototipos manuales han servido para recopilar, seleccionar, adaptar, rediseñar e implementar los mecanismos y sistemas de una mejor alternativa en la construcción de la máquina.

Como resultado, se utilizó un sistema de mezclado, un sistema de elevación por cangilón, un sistema de vibración y un sistema de potencia hidráulico para: el desmoldeo, alimentación de mezcla, alimentación de tableros y compresión. Para el control y automatización de los diferentes procesos se utilizó un PLC Twido.

Una vez efectuado las pruebas se comprobó que con la implementación de estos sistemas se obtiene el producto en menor tiempo, un buen acabado, cumpliendo con los requisitos de la norma INEN 1455.

La producción final que se obtiene con esta máquina es de aproximadamente 650 adoquines por hora.

Se recomienda que en el futuro para una aplicación del presente proyecto se realice una implementación de tolvas y silos para la acumulación de los agregados y cemento, con lo que se obtendrá la mezcla en menor tiempo y con una mejor dosificación, y se conseguirá incrementar aún más la capacidad de producción de la máquina.

SUMMARY

An Automated Machine has been designed and constructed for manufacturing process of pre-manufactured concrete to reduce labor, the production time and improve the product quality as compared to that obtained manually. The basic knowledge to develop this project were acquired in the national market in industrial plants where manual processes are still used. The manual prototypes have served to storage, select, adapt, redesign and implement the devices and systems of a better alternative in the machine construction.

As a result, the mixing system, a bucket rising system, a vibration system and a hydraulic power system were used for the: demolding, mixture feeding, board feeding and compression. For the control and automation of the different processes the PLC Twido was used.

After testing, it was demonstrated that with the implementation of these systems the product is obtained in a short time, the finish is good, according to the INEN 1455 norm.

The final production of this machine is approximately 650 tiles per hour.

It is recommended, in the future, for an application of the present project, to carry out the implementation of hoppers and silos for the accumulation of the aggregates and cement to obtain a mixture in the shorter time and with a better dosage, it will be possible to increase, even more, the machine production capacity.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS

1.1 ANTECEDENTES

El avance de la ciencia y la tecnología han obligado a que las industrias de prefabricados de hormigón se hayan visto en la necesidad de que las máquinas que estaban basadas en mecanismos rígidos sean remplazados a sistemas de potencia hidráulica y comandos eléctricos automatizando los procesos de fabricación.

Como se ha podido observar el desgaste de las partes en los mecanismos rígidos conllevan a un desajuste y pérdida de tiempo en los procesos, lo que no sucede en los sistemas hidráulicos, los cuales necesitan de menos mantenimiento y son de rápida reposición.

El presente proyecto permitirá reducir la mano de obra, el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto respecto al que se lo obtiene manualmente.

1.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA

El presente proyecto pretende mejorar el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón, de esta manera ayudar al operario en algunas tareas que forzosamente se hacen en forma manual, por ello es necesario la implementación de un sistema automatizado acorde con las tendencias tecnológicas actuales.

En la actualidad la oferta de los prefabricados de hormigón como los bloques, adoquines, etc. tiene un crecimiento significativo, pues la demanda de dichos productos va cada día en aumento, debido al crecimiento poblacional, así como el desarrollo arquitectónico de la urbe.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar, construir y montar una máquina automatizada para el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón.

1.3.2 Objetivos Específicos

Efectuar un estudio de tiempos en el sistema de vibración y compactación de la mezcla a fin de obtener el más adecuado para la utilización en el proceso.

Determinar las condiciones idóneas del prensado del hormigón, y los parámetros de diseño, con el propósito de obtener una mayor resistencia del producto.

Realizar la selección y el diseño de sistemas y partes.

Construir las partes y sistemas y realizar el ensamble de las mismas.

Realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina para verificar las condiciones de buen funcionamiento.

Realizar pruebas de resistencia mecánicas en los adoquines, con el fin de comprobar que dicho producto cumple con las normas establecidas.

CAPÍTULO II

2. LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

2.1 CONSTRUCCIÓN DE LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

2.1.1 Introducción

Las unidades de concreto/hormigón se producen prácticamente en todos los países del mundo debido a su alta calidad y a la demanda de materiales económicos de construcción. Una variedad de materias primas pueden ser utilizadas para producir unidades de concreto/hormigón, en diferentes cantidades, tamaños y formas. Todos estos productos se pueden producir en una misma fábrica con sólo cambiar los moldes.

2.1.2 Utilidades del hormigón ligero para prefabricados

El sector del hormigón prefabricado ligero produce adoquines, bloques, tejas, y tubos. Las principales ventajas de los productos fabricados de hormigón son: sus superficies, los diseños atractivos, tiempos de producción reducidos y bajo coste de mantenimiento, que son a su vez factores esenciales para la elección del material por parte de los usuarios finales. Como consecuencia de esto, los productores de fabricados de hormigón ofrecen una gran variedad de formas, texturas y colores a precios competitivos.

El sector industrial actual se caracteriza por propender a la automatización de las máquinas de producción de los prefabricados. Los pasos del proceso son; la preparación de la mezcla, el llenado del molde, la compactación, el curado y el posterior tratamiento de superficie.

Esta automatización requiere propiedades constantes en la mezcla, independientemente de los distintos contenidos de agua y granulometría de las materias primas utilizadas. La resistencia del hormigón fresco y la resistencia inicial son parámetros cruciales para el proceso de producción.

2.1.3 Parámetros importantes de los prefabricados

Una producción económica tiene que considerar el diseño de la mezcla de hormigón, el proceso de producción, la seguridad de la mano de obra, el material, así como la logística. Gracias a la actuación del agua sobre las partículas de cemento, se debe aprovechar plenamente el potencial de hidratación del cemento para conseguir unos tiempos de fraguado más cortos.

El contenido variable de humedad de la arena suministrada o la acumulación de agua en el fondo de las tolvas de almacenamiento pueden dar lugar a resistencias en fresco insuficiente y a alterar el pequeño equilibrio entre la mezcla y la máquina.

Se debe hacer un estudio minucioso de las propiedades, para minimizar el número de aditivos necesarios, lo que reduce la complejidad de la mezcla.

El diseño exclusivo de la molécula reduce la duración del ciclo de dos formas: El rozamiento interno de la mezcla se minimiza, lo que conduce a un llenado y una compactación inicial mejores, así la energía de compactación se reduce, resultando en tiempos de vibración más cortos. Mejorando la colocación y la compactación de la mezcla de hormigón y mejora al mismo tiempo la calidad del producto terminado.

2.1.3.1 La estética del producto

La estética va más allá del diseño. Propiedades como la capacidad de repeler el agua y la suciedad, los colores uniformes, las superficies con menos poros y exentas de grietas, son cada vez más exigidas por los usuario final del producto.

2.1.3.2 La durabilidad del producto

Una propiedad importante de los productos más allá de lo estético es su durabilidad. Sin necesidad de ningún trabajo de mantenimiento, los productos de alta calidad tienen una larga duración y conservan sus propiedades de diseño.

2.1.4 Dosificación y mezclado

Las materias primas son transportadas desde las tolvas de almacenaje y los silos a un sistema de pesado conforme se van necesitando. Las materias primas para cada orden de producción o mezclada son pesadas para asegurar la consistencia del producto deseado.



Fig. 1 Mezcladora con dosificación

Las materias primas son alimentadas en la mezcladora por su parte superior y mezclados en seco por varios minutos. Luego se agrega agua a la mezcla seca utilizando un medidor de agua para que la dosificación garantice la consistencia. Sólo debe agregarse una mínima cantidad de agua a cada mezcla. Aditivos de cohesión, repelentes al agua y pigmentos o colorantes, también se agrega en este paso. Después de un tiempo de mezclado, la consistencia es revisada y si es necesario, se agrega más agua. La carga de mezcla es entonces mezclada de tres a cuatro minutos más. Una vez terminada la mezcla, el concreto/hormigón es descargado por la parte inferior de la mezcladora.

2.1.5 Moldeado

Después de que la mezcla de concreto está lista, se la traslada a la máquina productora de los prefabricados, donde es vaciada en un molde (fig. 2) para darle forma por un proceso de vibrocompresión. Los moldes consisten en un marco con placas de separación o divisorias. Las superficies interiores (que son las de desgaste) requieren ser cambiadas periódicamente. La forma y la dureza de los agregados determinan la longevidad de las superficies interiores del molde. No es necesario reemplazar todas las partes de los moldes al mismo tiempo. Algunas partes pueden tener una vida más prolongada y pueden tolerar mayor desgaste que otras antes de ser cambiadas.



Fig. 2 Moldes para prefabricados de hormigón

Sólo las paredes interiores actúan como el molde en sí para moldear los productos. Los prefabricados de hormigón pueden ser fabricados en un sinnúmero de formas de acuerdo a la configuración requerida, siempre y cuando no se comprometa la integridad estructural en el grosor de sus paredes y conectores que resulten ser muy angostas o estructuralmente inestables. Una caja de molde puede ser utilizada para producir diferentes tamaños y formas con simplemente cambiar la forma en que se colocan sus componentes interiores. Dependiendo de la necesidad de alguna forma de los prefabricados, la configuración del molde puede cambiarse después de algunas horas o algunos días. Cambiar el molde permite al usuario hacer productos tan diversos como sencillos: bloques grises ahuecados, ladrillos de

concreto sólidos, piezas para entrepisos/bovedilla, adoquines y sofisticados productos arquitectónicos utilizando el mismo equipo en una sola fábrica.

2.1.6 Curado

Es el secado a una temperatura entre 55°C y 75°C de los prefabricados de hormigón para que en el menor tiempo posible se los pueda manipular y así dándole mejor resistencia al producto ya terminado.



Fig. 3 Horno para curado de productos de concreto

Cuando la temperatura alcanza el nivel predeterminado en las cámaras de curado, el vapor (si ha sido utilizado) es desconectado y los prefabricados de hormigón se dejan para seguir en proceso de curado en las cámaras.

El uso del vapor, tiene como propósito mantener 100% de humedad. En algunos climas cálidos, el calor generado por el proceso químico del fraguado del cemento, llamado "Calor de Hidratación", es suficiente para elevar la temperatura a los niveles deseados sin utilizar vapor.

Todo el proceso de curado toma normalmente 24 horas, pero puede ser acortado a través de ajustes en el diseño de la mezcla y las temperaturas del curado. Los prefabricados de hormigón generalmente alcanzan el 90% de su fortaleza final de dos a cuatro días después de su fabricación.

2.1.7 Prefabricados de Concreto/Hormigón



Fig. 4 Producto en forma ranurada

Los prefabricados de hormigón ranurados son similares a las comunes, pero tienen una o más ranuras moldeadas en su cara para crear patrones de diseño atractivos. Solamente dos partes interiores del molde necesitan ser cambiadas para crear esta apariencia.



Fig. 5 Producto en forma esplinada

Los prefabricados de hormigón esplitados (cara de roca) son unidades sólidas o ahuecadas que son moldeadas en bandeja al "estilo siamés" y cortadas a lo largo y a lo ancho por una máquina de cuchilla de guillotina. Los prefabricados de cara esplitada tienen una textura atractiva, de rugosidad natural, parecida a la piedra. Agregando pigmentos se puede obtener una variedad de tonos y apariencias.



Fig. 6 Producto en forma acanalada con

Los prefabricados de hormigón acanaladas y con costillas son producidas utilizando moldes especiales. El proceso para la elaboración es el mismo, sólo el molde cambia. La textura de la cara esplitada es natural y rugosa, separada por ranuras o costillas moldeadas.



Fig. 7 Producto en forma cara pulida

Para producir estos prefabricados de cara pulida de valor agregado, el pulido se hace sobre ellas después de ser curadas. El resultado es una superficie suave que muestra la variedad de colores y tamaños de las partículas de los agregados utilizados en la producción. Una amplia variedad de efectos puede ser creada utilizando agregados de diferentes tamaños, colores y formas junto con cemento de varios colores y pigmentos. Para mejorar su apariencia se utilizan frecuentemente aditivos, selladores, resinas y barnices.



Fig. 8 Producto en forma de adoquines o pavimentadores

Son adoquines de alta solidez y fortaleza (trenzados o no) pueden producirse en diferentes tamaños, formas y grosores. Tienen una amplia aplicación en caminos peatonales, calles, carreteras y patios industriales de uso pesado.

Los prefabricados de apariencia de adobe o ladrillo de barro se pueden producir utilizando mezclas más humedecidas que lo normal y aplicando presión mecánica a la parte superior de los prefabricados. Esto permite que los prefabricados se abomben y ligeramente cambien de forma.

2.2 MEZCLADORAS

La Mezcladora es el elemento más importante cuando se trata de conseguir calidad en el producto. La mezcladora contribuye a que la mezcla sea homogénea y tenga las condiciones adecuadas para ser moldeada en la máquina vibrocompactadora. Algunos procesos están incluidos en la fase de mezclado como: la alimentación, la dosificación, el control del flujo, etc.

2.2.1 Tipos de mezcladoras [1].

Hay ciertos tipos de mezcladoras en las cuales el recipiente es estacionario y el desplazamiento de los materiales se logra mediante la rotación simple o múltiple de dispositivos mezcladores internos.

Entre los tipos de mezcladoras más utilizadas son:

- a) Mezclador de maza trituradora.
- b) Mezclador de rotor simple.
- c) Mezclador de turbina.
- d) Mezclador por impacto.

En este caso se utilizara una mezcladora tipo turbina, ya que esta es la que produce una buena calidad de mezclado requerido para el trabajo debido a las características de materiales a utilizar para la fabricación de los prefabricados de hormigón.

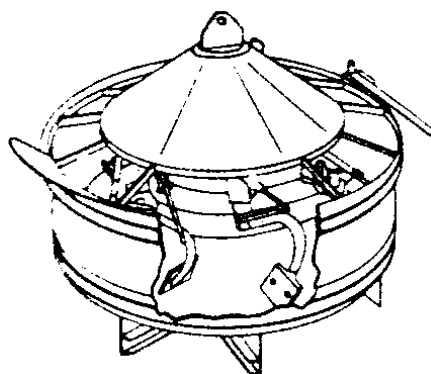


Fig. 9 Mezcladora de turbina

El mezclador indicado en la fig. 9 tiene una artesa circular con un alojamiento en el centro, en torno al cual gira una estrella o una serie de brazos con rejillas o vertederas en cada uno de los brazos. Las vertederas o rejillas giran en torno a la artesa circular. Este mezclador es adecuado para materiales secos que fluyen con libertad o materiales semihumedos que no fluyen bien, también se puede adaptar para los problemas de recubrimiento y mezclado de líquido-sólido.

2.2.2 Sistema de alimentación.

La alimentación de áridos y cemento en la mezcladora se puede realizar por una dosificación en función del volumen o peso.

2.2.2.1 Dosificación en función del volumen

Mediante la regulación de nivel con volúmenes conocidos se puede realizar una dosificación exacta en función del volumen.

2.2.2.2 Dosificación en función del peso

Los actuales componentes electrónicos de pesaje logran que cualquier tanque o tolva, sea cual sea su forma, pueda ser por sí mismo el receptor de carga de una báscula, permitiendo además llenar, vaciar y hasta dosificar y mezclar ingredientes para realizar formulaciones completas.

La señal para la dosificación por peso debe ser emitida por la báscula. Utilizando mandos neumáticos se pueden utilizar prácticamente todas las básculas corrientes en el mercado, ya que para la emisión de señales se utiliza el principio de balanza.

En la fig. 10 están indicados tres ejemplos para la detección de la posición de la aguja con detectores de proximidad. Para ello se emplean dos toberas, una para la dosificación aproximada y la otra para la dosificación lenta y total. El recorrido de la aguja es registrado por el primer detector de proximidad. Hasta este momento, la válvula de llenado está completamente

abierta y el material pasa rápidamente al depósito situado sobre la balanza. Tan pronto como el segundo detector emite una señal al pasar la aguja se cierra la válvula de llenado a un determinado valor bastante inferior previamente establecido. Se reduce el proceso de llenado y la velocidad de la aguja de la balanza. Al llegar la aguja al segundo detector, este desconecta por completo la válvula de llenado.

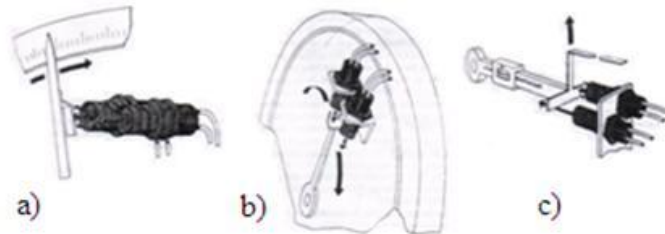


Fig. 10 Disposición de dos detectores de proximidad para la dosificación aproximada y la dosificación lenta del material

- a) En una balanza circular, con una banderola en el fiel de la balanza.
- b) En una balanza circular, con una banderola en el extremo del fiel de la balanza.
- c) En una balanza de contrapeso.

La distancia entre los centros de los detectores de proximidad que emiten las señales por detección de la aguja, determinan la dosificación precisa. Variando la distancia entre los centros se puede variar la velocidad de llenado y la tolerancia de peso.

2.2.2.3 Control de paso de material

El control, ya sea de paso, distribución o detección, de masas en general como puede ser los líquidos, material en forma de grano, polvo o áridos, en las aplicaciones de la industria de los prefabricados de hormigón, resulta de vital importancia.

Las variantes de la figura 11 muestran el accionamiento de los órganos de cierre. Se puede partir de la base de que los ejemplos son apropiados para un campo de aplicación muy amplio. Es aplicable a la más pequeña ejecución dentro de instalaciones de producción, hasta las grandes ejecuciones, por ejemplo para materiales de construcción.

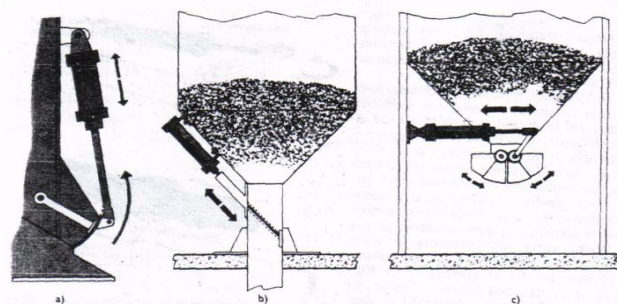


Fig. 11 Distintas ejecuciones para el accionamiento neumático de cierres de silos y de conductos

- a) Por movimiento oscilante.
- b) Por movimiento lineal.
- c) Por movimiento de giro.

2.3 SISTEMAS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE

2.3.1 Aparatos de elevación [7].

Los aparatos de elevación se han utilizado durante siglos para la elevación, el descenso y transporte de cargas pesadas a distancias limitadas.

En los elevadores la carga se levanta en jaulas (cabinas), en plataformas o en baldes que se desplazan por guías rígidas en direcciones verticales o próximas a la vertical. La trayectoria de movimiento de la carga en los elevadores se determina por la configuración de las guías y en el proceso de trabajo no varía.

Teniendo en cuenta la gran diversidad de materiales que pueden transportarse, resultan diversos tipos o clasificaciones de los mismos. Estas clasificaciones pueden ser:

- Verticales o inclinados. (Estos se emplean cuando además de elevar un producto, hay que desplazarle horizontalmente en una pequeña cuantía.
- De descarga centrífuga o de descarga por gravedad.
- De cangilones espaciados o de cangilones continuos.
- De banda o de cadena.
- De gran capacidad.

2.3.1.1 Sistema de elevación por cangilón

Los elevadores destinados al desplazamiento de cargas en cangilones auto descargadores (1), por las guías rígidas (2) se llaman de cangilones (fig. 12) o de cajón o bien skips. Se aplican vastamente los elevadores de cangilones para cargar los altos hornos, los cubilotes, etc. Los cangilones de los elevadores se descargan por el fondo o volcándose en el punto superior de la trayectoria del movimiento del cangilón debido al desplazamiento de sus ruedas anteriores y posteriores por los distintos rieles: al salir las ruedas; anteriores en la curva horizontal o inclinada las ruedas posteriores continúan rodando hacia arriba, lo que conduce al vuelco del cangilón.

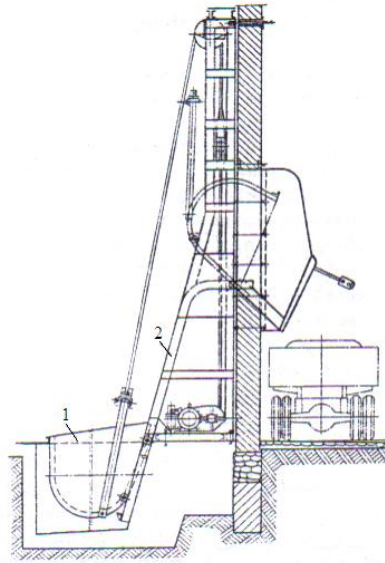


Fig. 12 Elevador de cangilones

La elección o diseño de un elevador, es un asunto que requiere un conocimiento profundo de los mismos y del comportamiento de los materiales a transportar, o sea, exige cierta experiencia por ser variados los factores que entran en juego.

Los primeros elevadores de cangilones se emplearon para la elevación de cereales, pero su uso se ha extendido posteriormente a muchas otras materias, tales como carbón, cemento, harina, cenizas, etc., o sea, en general, materiales sueltos.

Las velocidades pueden variar desde 0,5 m/seg. hasta 4 m/seg.; la anchura de los cangilones puede ser de 1,5 m, la altura de elevación puede llegar hasta 50 m. y más, y su capacidad hasta 500-600 ms/hora. Los cangilones de descarga por gravedad se emplearán para materiales con tendencia a pegarse.

La forma de los cangilones depende grandemente de los materiales a trasladar, así como de la velocidad del elevador. La fig. 13, extraída de norma DIN 15.230, muestra los tipos de cangilón corrientemente empleados.

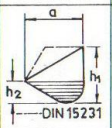
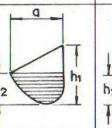
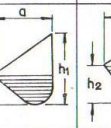
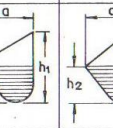
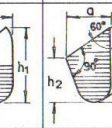
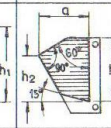
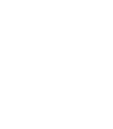
ELEVADORES DE CANGILONES												
DIN	15231	15241	15232	15242	15233	15243	15234	15244	15235	15245	22201 . 22202 22211 . 22212	22203 22213
Ejecución	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición		
Forma	Altura reducida		Altura reducida redondeada		Semiprofundos		Profundo		Profundo			Cangilones continuos
Figura												
Apropiados para	Materiales sueltos Harina Sémola		Materiales en trozos pequeños; cereales		Materiales pegajosos: azúcar en caña, finos de carbón, húmedos		Materiales pesados, polverulentos o en trozos grandes; arena, cemento, carbón		Materiales ligeros y fluidos o rodantes: cenizas o patatas		Carbón de hulla	

Fig. 13 Elevadores de cangilones

El material empleado en la fabricación de los mismos suele ser hierro maleable, por la facilidad en obtener ángulos redondeados, bordes de ataque fuertes para resistir a la abrasión y corrosión, pero también se fabrican de acero suave embutidos, y cuando la cantidad es reducida, de chapas de acero suave soldadas.

Con respecto al espaciamiento de los cangilones, éstos se colocarán más próximos conforme aumenta la velocidad, puesto que el material sale despedido más radialmente. Otro factor importante es el coeficiente de llenado del cangilón, que se define como la relación del volumen real de llenado al volumen teórico del mismo.

Para este caso la alternativa más adecuada a utilizar es el dispositivo de elevación de materiales por cangilones por la facilidad que tiene este mecanismo para transportar el tipo de material para la fabricación de los prefabricados de hormigón.

2.4 VIBROCOMPRESORA

Una vibrocompresora es una máquina robusta y compacta destinada a la fabricación de prefabricados de hormigón, utilizando el proceso de vibrocompresión.

2.4.1 Tipos de vibrocompresoras.

Las vibrocompresoras pueden ser de dos tipos: fijas y móviles.

En las fijas (fig. 14), el producto se elabora localmente y se lleva hasta el lugar de secado por medio de transporte manual o por transportadores mecánicos, mientras que en las móviles, llamadas también ponedoras, la máquina se desplaza a medida que va fabricando los prefabricados de hormigón los cuales se van depositando en el piso.



Fig. 14 Vibrocompresora fija.

Los procesos incluidos en la máquina son: alimentación de la mezcla, alimentación de tableros, vibración, compresión y desmoldeo.

2.4.2 Sistema de alimentación de mezcla.

Se realiza mediante una gaveta de alimentación para permitir el suministro uniforme por gravedad de la mezcla hacia el molde con una capacidad requerida para asegurar el tamaño adecuado del producto.

2.4.3 Sistema de alimentación de tableros.

Accionado hidráulicamente (fig.15), el cual suministra tableros hacia la mesa de vibración. Sobre el tablero es depositado el producto ya terminado luego de las diferentes fases del proceso.

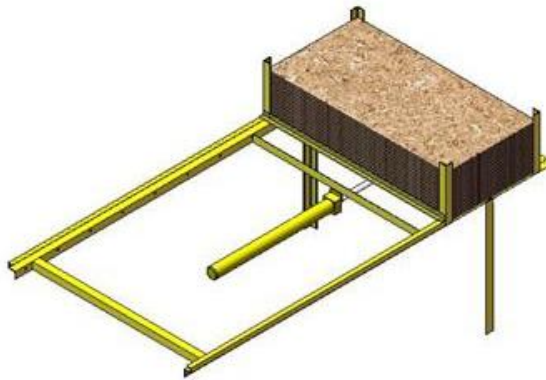


Fig. 15 Alimentador de tableros

2.4.3 Sistema de Vibración [1] [2].

Con la vibración se obtiene un mejor asentamiento del material. La fig.16 muestra la mesa de vibración, en la cual se observa la utilización de excéntricas, las mismas que al rotarlas producen este proceso.

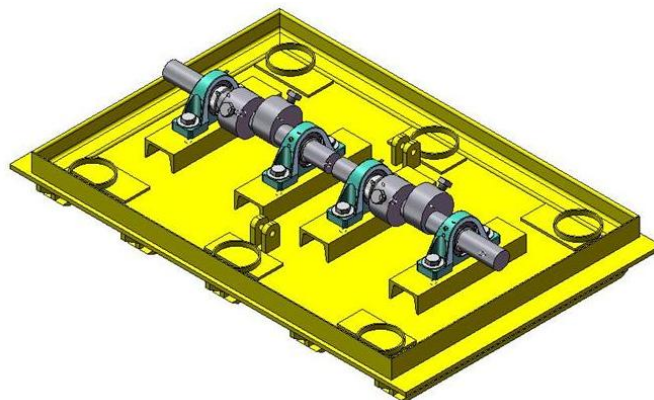


Fig. 16 Mesa vibratoria

2.4.3.1 Importancia del Vibrado en la Compactación de la Mezcla

La realización de la compactación del hormigón por vibración, tiene dos ventajas primordiales: compacidad y ausencia de poros, lo que conduce a la obtención de mayor resistencia mecánica, disminución de la permeabilidad, mayor densidad, tendencia reducida a la contracción y economía de cemento, esta última ventaja es muy importante ya que todos los materiales contribuyentes del hormigón, el cemento es el más caro y el hormigón vibrado permite economizarlo hasta un 20%, en relación a las dosificaciones usuales.

Otro método posible es también trabajar con relaciones agua-cemento, cercanas al valor teórico, que nunca es inferior al 0,4 y 0,8, lo que suprime todos los poros que deja la grava y elimina gran parte de aire ocluido durante el amasado y vertido del hormigón.

Por último la vibración permite dar distinta granulometría a los hormigones, el trabajo de compactación que les corresponde individualmente y particularmente permite la consolidación de hormigones de áridos gruesos, que ningún otro procedimiento es capaz de asentar.

2.4.3.2 Amplitud y Frecuencia de la Vibración

La amplitud y frecuencia del vibrado puede ser de baja o alta frecuencia. Se considera de baja frecuencia el valor de 3000 vibraciones por minuto, cuando la frecuencia es superior a este valor se considera dentro del campo de alta frecuencia, con lo cual se logra un aumento progresivo de la capa asentada y la vibración es de poca intensidad, consiguiéndose mayor eliminación de porosidad y por lo tanto una masa de hormigón bastante buena.

La vibración de baja frecuencia se caracteriza por una gran intensidad, que obliga al empleo de mezclas con una relación agua-cemento superior lo que resulta desventajoso por las razones ya anotadas.

La técnica y aplicación de la vibración es un campo más bien experimental, pero en general podría decirse que: frecuencias bajas con altas amplitudes son más eficaces para asentar las partículas mas grávidas pero el tiempo de vibrado es mayor, lo contrario sucede con frecuencias altas y con amplitudes bajas que resultan más ventajosas para hormigones con áridos grandes.

2.4.3.3 Tiempos de Duración del Vibrado y Compresión de la mezcla

El tiempo de duración del vibrado depende de la granulometría del árido, porcentaje de cemento, tipo de estructura del árido, etc. Otro parámetro importante en la duración del

vibrado es la frecuencia, pues en general el tiempo de vibrado disminuye mientras más alta es la frecuencia.

Un aspecto muy importante es la duración de vibrado en la tecnología de los hormigones pues un exceso de tiempo da lugar a efectos de sobrevibración.

2.4.3.4 Sistema de compresión

Como se dijo anteriormente, la duración del vibrado puede disminuirse aumentando la frecuencia, sin embargo esto a veces no es suficiente siendo necesaria en ese caso la compresión simultánea de la mezcla (vibrocompresión).

La **vibrocompresión**, además de la ventaja del tiempo de vibrado permite obtener productos con mejor compactación, por lo tanto mayor resistencia y buen acabado exterior, producto de la homogeneidad de la masa compactada.

2.4.4 Sistema de Desmoldeo

Para esta operación se optó por utilizar un mecanismo que tiene el principio de biela-manivela indicada en la fig.17, el cual permite subir el molde a fin de desmoldar los prefabricados de hormigón.

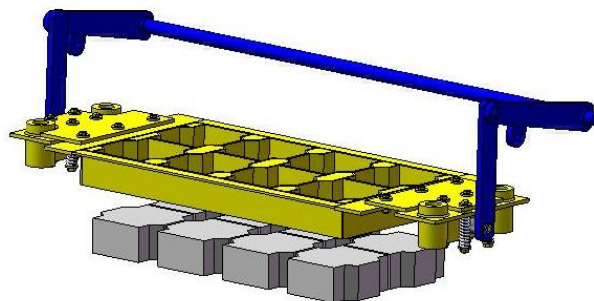


Fig. 17 Sistema de desmoldeo

Las paredes de desmoldeo deben estar perfectamente alineadas y paralelas con las paredes del producto para no producir deformaciones o roturas en los mismos, y así obtener prefabricados de excelente calidad y buen acabado superficial.

2.5 UNIDAD HIDRÁULICA

Al término "Hidráulica", se le atribuye el significado de transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de líquidos. Es decir, se utilizan los líquidos para la transmisión de energía. En la mayoría de los casos se trata de aceite mineral pero también pueden ser líquidos sintéticos, agua o una emulsión aceite-agua.



Fig. 18 Central hidráulica

2.5.1 Características especiales que destacan a la Hidráulica:

- Grandes fuerzas o momentos de giro, producidos en reducidos espacios de montaje.
- Las fuerzas se gradúan automáticamente a las necesidades.
- El movimiento puede realizarse con carga máxima desde el arranque.
- Regulación continua de la velocidad, momento o fuerza.
- Protección simple contra sobrecargas.
- Útil para movimientos rápidos controlados, así como para movimientos de precisión
- Acumulación relativamente sencilla de energía por medio de gases.

2.5.2 Fluidos hidráulicos

La función principal del fluido hidráulico en una instalación hidráulica es la transmisión de fuerzas y movimientos.

Debido a las múltiples posibilidades de aplicación y de empleo de los accionamientos hidráulicos, se le exigen a los fluidos hidráulicos diversas funciones y características.

Dado que no existe un fluido hidráulico igualmente adecuado para todos los sectores de aplicación, al elegir el mismo deberán considerarse las características específicas de cada caso de aplicación. Sólo de ese modo resulta posible un servicio libre de inconvenientes y económico.

2.6 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

En la actualidad, la necesidad de automatizar la producción no afecta únicamente a las grandes empresas, sino también a la pequeña industria. Incluso la industria artesanal se ve

obligada a desarrollar métodos de producción racionales que excluyan el trabajo manual y que no dependa de la habilidad humana.

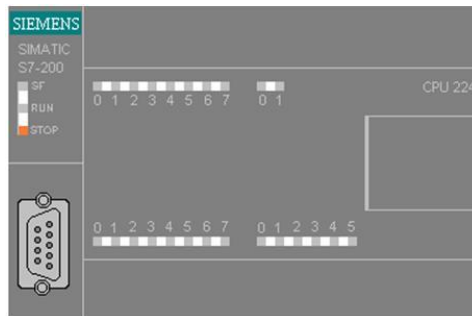


Fig. 19 PLC industrial (controlador lógico programable)

La automatización de la máquina para la fabricación de los prefabricados la realiza un PLC (fig. 19), el cual controla motores y electroválvulas a través de los contactores, relés auxiliares, que están dispuestos en un tablero eléctrico de control (fig. 20)



Fig. 20 Tablero eléctrico de control

2.7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA MÁQUINA

La secuencia de los procesos que se operan en la máquina para la fabricación de los prefabricados de hormigón se la puede observar en la figura 21.

Sistema de Mezclado.- Los agregados y el cemento se colocan en la olla de la mezcladora (1), el motor a través de una reducción con dos juegos de bandas y una transmisión cono-corona dota de movimiento al eje con las paletas (2), se espera un tiempo de mezclado en seco para que exista una buena mezcla entre los materiales con el cemento y se agrega agua,

cuando la mezcla este homogénea, se abre la compuerta de la mezcladora y el material se vierte en el cangilón (3).

Sistema de Elevación.- Después de colocar la mezcla en el cangilón (3) se procede a elevar el mismo por medio de un cable de acero el cual se enrolla en dos tambores (4) accionados por un motoreductor. Para producir el volteo del cangilón se utiliza unas guías las que desvían las ruedas delanteras, luego de llegar a pisar un final de carrera el motor se detiene y la mezcla es vaciada en la tolva (5), en este momento el motor cambia de giro y retorna hacia el inicio para un próximo ciclo.

Sistema de alimentación de tableros.- Este sistema (6) es activado por un cilindro hidráulico, el cual empuja los tableros a través de un mecanismo hacia la mesa de vibración compuesto de una guía a través el mismo que alimenta al molde y luego de obtener el producto el mismo se encarga de sacar el tablero con los prefabricados para luego ser llevado para el secado.

Sistema de alimentación de mezcla.- Una vez colocado y centrado el tablero, el molde descende y asienta en el tablero, entonces se activa el cilindro con lo que el cajón de alimentación que previamente fue llenado de mezcla por la tolva (5), sale y llena de mezcla al molde.

Sistema de compresión.- Este sistema es accionado por un cilindro hidráulico (9) el cual acciona el apisonador (10) que compacta la mezcla en el molde.

Sistema de vibración.- La vibración actúa en el mismo instante que la compresión. Un motor que gira un eje con excéntricas realiza el vibrado de la mesa (11) y el molde.

Sistema de desmoldeo.- El desmoldeo se lo realiza después que la mezcla es vibrocompactada, el desmoldeo se acciona por dos cilindros hidráulicos (9) que están conectados a dos brazos (8) enlazados a través de un eje que sincroniza el movimiento del molde en sus dos extremos.

Sistema de hidráulico.- Compuesto por una central hidráulica con reservorio, filtros, motor, bomba, relief, manómetro, manifold, electroválvulas y cilindros hidráulicos. El funcionamiento y la utilización de estos elementos se describen en el numeral 4.1.1

2.8 ESQUEMA DE LA MÁQUINA

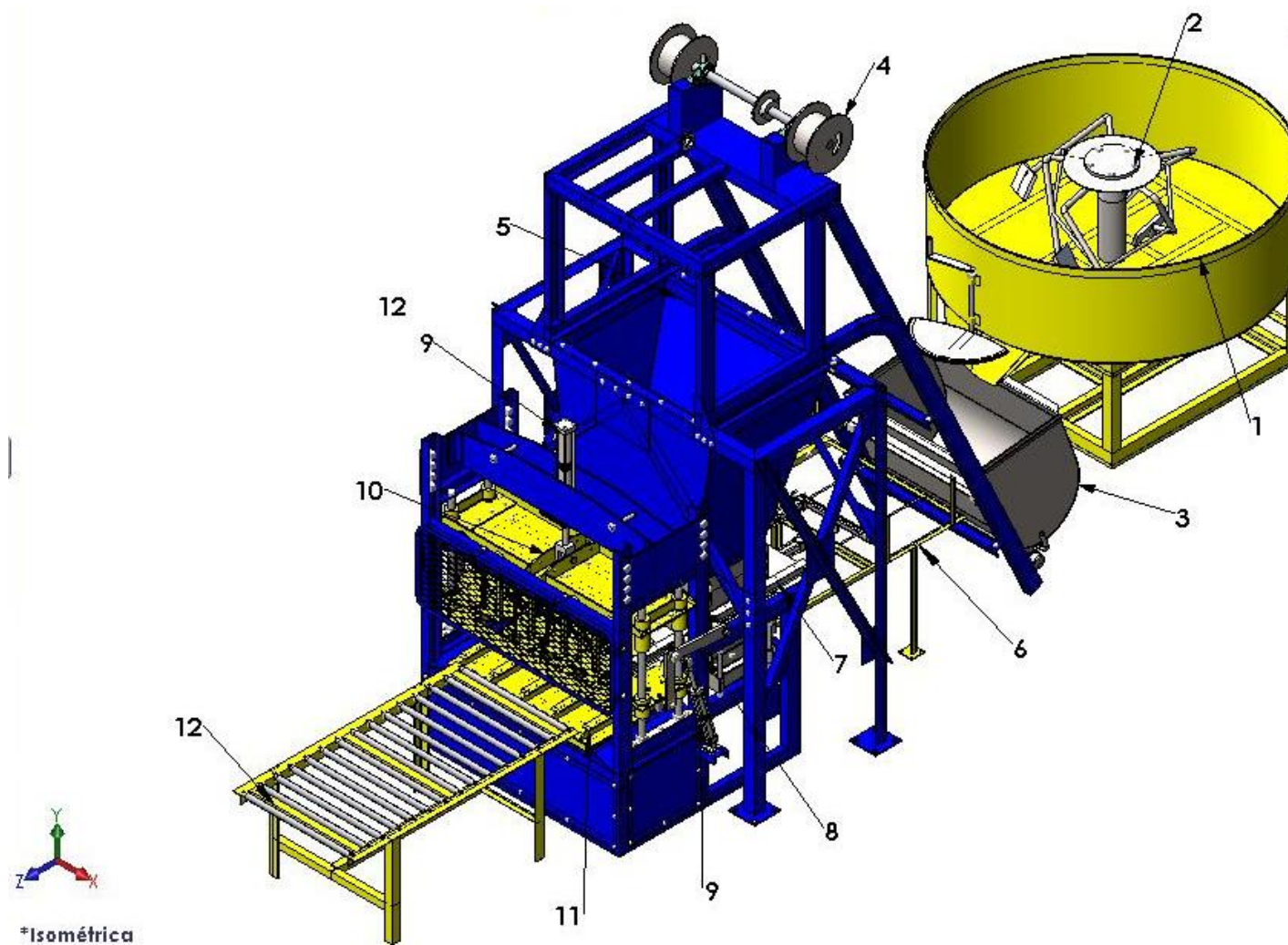


Fig. 21 Esquema general de la vibrocompresora

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS SISTEMAS

3.1 REQUERIMIENTOS PRODUCTIVOS

Para la producción de los prefabricados de hormigón se requiere:

- Un sistema para el mezclado de cemento y agregados.
- Un sistema de elevación desde la compuerta de descarga de la mezcladora hasta una tolva de alimentación de la vibrocompresora.
- Por la necesidad de grandes fuerzas para la compresión y desmolde se requiere un sistema hidráulico, además se utiliza este sistema en alimentación de mezcla y tableros.
- Para facilitar el asentamiento y compactación de la mezcla en el molde se requiere un sistema de vibración para conseguir un mejor acabado y propiedades de resistencia muy buenas en el producto.
- El sistema hidráulico trabajará a una presión de 2000psi.
- El sistema de vibración necesita una frecuencia recomendada de 3000 vibraciones por minuto.
- El sistema de automatización y control será controlado por un PLC (controlador lógico programable).

3.2 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MEZCLADO

Como ya se mencionó, el tipo de mezcladora a utilizarse es de tipo turbina (fig. 22), ya descrito anteriormente.

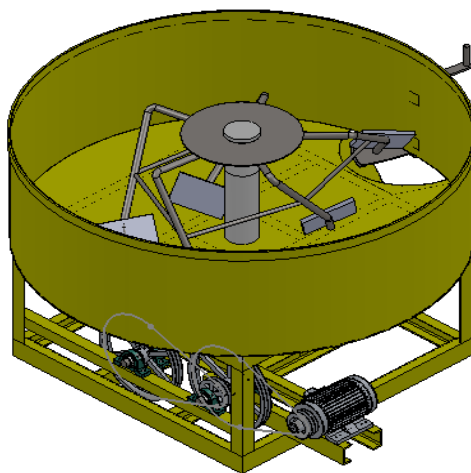


Fig. 22 Mezcladora de turbina

El diseño del mezclador depende de la velocidad de giro de las paletas y de las fuerzas que ejercen las mismas sobre el material a mezclar. En el presente caso son materiales semihumedos que no fluyen bien.

3.3 VELOCIDAD DE GIRO DEL EJE PORTA PALETA [1]

De tabla I se toma la velocidad aproximada de impacto para la mezcladora de turbina que es de 600 ft/min.

TABLA I. Velocidades aproximadas de impacto de algunos dispositivos giratorios internos en las mezcladoras

Tipo de mezcladora	Velocidad de la punta, ft/min
Cinta	280
Turbina	600
Volteador de cascos gemelos con:	
Intensificador del tipo de pasador	1700
Barra de alimentación de liquido	3300
Rotores gemelos	Hasta 1300
Rotor simple	6000-9000
Molinos de varios tipos	25000-20000

Como:

$$N = \frac{V}{\pi D} \quad [\text{rpm}] \quad \text{Ec. 3-1}$$

donde:

$V = 600 \text{ ft/min}$ (De la tabla I)

$D = 2 \text{ mts.}$ (Diámetro de la olla de la mezcladora).

Remplazando en la ecuación 3.1 se tiene:

$$N (\text{requerida}) = 29 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Para disponer de la velocidad requerida en el eje porta paletas se reduce la velocidad del motor por dos reducciones de bandas y una reducción cono-corona.

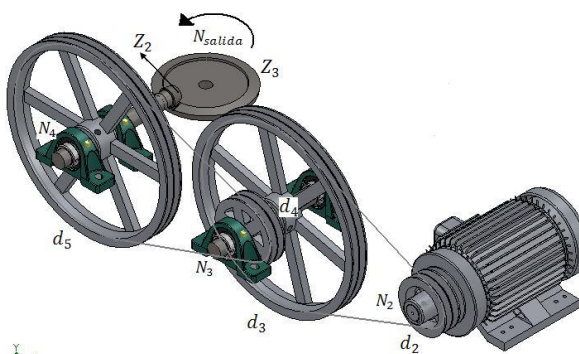


Fig. 23 Transmisión para mezcladora

De la fig. 23 se puede deducir que:

$$N_{salida} = \frac{N_2 (motor)}{K_1 * K_2 * K_3} \quad \text{Ec. 3-2}$$

donde:

N_{salida} = Número de revoluciones en el eje de paletas = 29 rpm

N_2 = Número de revoluciones en el motor = 1750 rpm

K_1 = Relación de transmisión del primer juego de poleas.

K_2 = Relación de transmisión del segundo juego de poleas = 3,2 (asumido)

K_3 = Relación de transmisión de cono-corona = $\frac{Z_3}{Z_2} = 6,5$

Z_3 = Número de dientes de la corona = 39 dientes

Z_2 = Número de dientes del cono = 6 dientes

Remplazando en la ecuación 3-2 se tiene:

$$K_1 = 2,9$$

Con los valores de K_1 y K_2 se encuentra el juego de poleas que cumplan con las relaciones de transmisión.

Para la selección del primer juego de poleas en catálogo se escoge una de las siguientes características.

d_2 = diámetro de la polea del motor = 6 plg

$$\text{Dado que } K_1 = \frac{N_2}{N_3} = \frac{d_3}{d_2} \quad \text{Ec. 3-3}$$

$$d_3 = 17,4 \text{ plg}$$

En catálogo de poleas se escoge una de las siguientes características [16].

$$d_3 = 18 \text{ plg}$$

Para la selección del segundo juego de poleas en catálogo se escoge una de las siguientes características.

d_4 = diámetro de la polea menor = 5 plg

$$\text{Dado que } K_2 = \frac{N_3}{N_4} = \frac{d_5}{d_4}$$

$$d_5 = 16 \text{ plg}$$

En catálogo de poleas se escoge una de las siguientes características [16].

$$d_5 = 18 \text{ plg}$$

El número de revoluciones real en el eje de paletas es:

$$N_{salida} = \frac{1750 \text{ rpm}}{18/6 * 18/5 * 6,5}$$

$$N_{salida} = 25 \text{ rpm}$$

3.4 CÁLCULO DE FUERZAS EN LAS PALETAS [2]

El sistema de paletas está formado por cuatro brazos, en cada uno de ellos actúa un cuarto del peso de la mezcla, El peso total de la mezcla es de 890 kg que es la suma de 1qq de cemento con el material correspondiente para adoquines, por lo tanto el peso en cada brazo es 223 Kg.

Debido a que la mezcla se encuentra distribuida en toda la superficie de la olla de la mezcladora se necesita de al menos 4 paletas en diferentes posiciones con diferentes longitudes para lograr un barrido de todo el material. Las longitudes se muestran en la fig. 24.

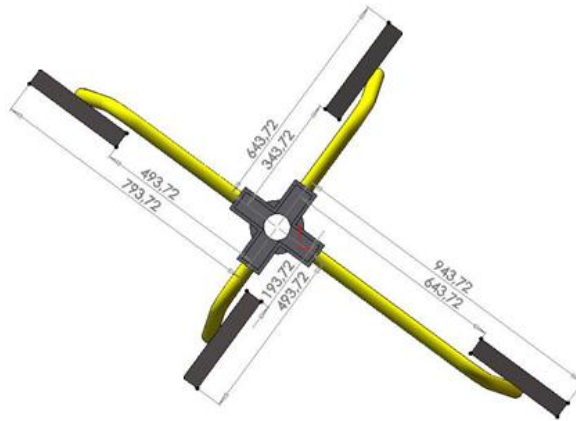


Fig. 24 Dimensionamiento de paletas

Brazo 1 = 793.72 mm

Brazo 2 = 643.72 mm

Brazo 3 = 493.72 mm

Brazo 4 = 343.72 mm

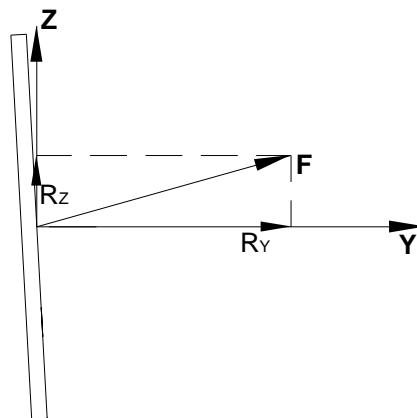


Fig. 25 Representación general de las fuerzas actuantes en la paleta

Las fuerzas que actúan sobre la paleta en el plano Y-Z se representan en la fig. 26.

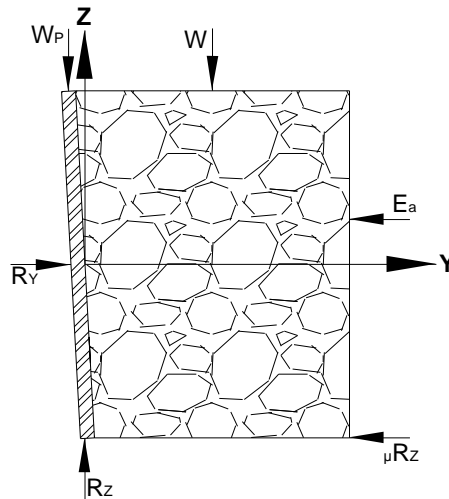


Fig. 26 Representación de las fuerzas en el sistema paleta-masa del hormigón. Plano Y-Z

De la figura 26, realizando sumatoria de fuerzas y momentos se puede decir que:

$$\sum F_Z = 0$$

$$R_Z - W - W_p = 0 \quad \text{Ec. 3-4}$$

$$R_Z = (223 + 20)Kg$$

$$R_Z = 243 Kg$$

$$\sum F_Y = ma_y$$

$$R_Y - \mu R_Z - E_a = 0 \quad \text{Ec. 3-5}$$

$$E_a = K_a \frac{wh^2}{2} Kg/cm \quad [2] \quad \text{Ec. 3-6}$$

Donde:

w = Peso de la mezcla que incide en el brazo de la paleta = 223 Kg.

w_p = Peso de un brazo de la paleta = 20 Kg.

R_Y = Reacción en el plano Y

R_Z = Reacción en el plano Z

E_a = Presión lateral activa del material debido a su propio peso

K_a = Coeficiente de la presión activa lateral [2] = 0.22 (tabla 7.14 Anexo A1)

w = Peso específico del hormigón = $10^{-3} Kg/cm^3$

h = Altura de la paleta = 15 cm

b = Longitud de la paleta = 30 cm

μ = Coeficiente de rozamiento arena metal = 0.466

$$R_Y = \mu R_Z + \left(K_a \frac{wh^2}{2} \right) * b \quad \text{Ec. 3-7}$$

$$R_Y = (0.466 * 223)Kg + \left(0.22 \frac{1.4*10^{-3}Kg/cm^3 * 15^2 cm^2}{2} \right) * 30cm$$

$$R_Y = 104,96 Kg$$

La reacción R_Y es la que actúa en cada una de las paletas. Para hallar el torque que se requiere, se debe multiplicar el valor de la reacción por cada uno de las distancias de los brazos, así:

$$T = (79.372 + 64.372 + 49.372 + 34.372)cm * 104,96 Kg \quad \text{Ec. 3-8}$$

$$T = 23877,14 Kgf.cm = 2339.96 N.m$$

La potencia en el eje la mezcladora es:

$$P = T * N_{salida} \quad \text{Ec. 3-9}$$

donde:

$$N_{salida} = \text{Velocidad en el eje de la mezcladora} = 25 rpm$$

Por lo tanto:

$$P = 6,37 Kw = 8,04 HP$$

3.5 POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR.

Como ya se dijo anteriormente. Para reducir la velocidad del motor de 1750 rpm a 25 rpm, se utiliza dos reducciones por banda y uno por cono-corona. Con una eficiencia del 87% por cada transmisión por bandas y un 95% por cono-corona, la potencia requerida en el eje del motor será:

$$P_{motor} = \frac{8,04 HP}{(0,87 * 0,87 * 0,95)}$$

$$P_{motor} = 11 HP$$

3.6 CÁLCULO DE LAS TRANSMISIONES

3.6.1 Cálculo de la primera transmisión por bandas [3] [4] [6].

3.6.1.1 Selección de las bandas

En el numeral 3-3 se calculó el diámetro de poleas de las dos transmisiones siendo sus dimensiones:

TABLA II. Diámetros de poleas para transmisiones

	d2 (plg)	d3 (plg)	K
Primera transmisión	6	18	3
Segunda Transmisión	5	18	3,6

Selección de bandas para la primera transmisión.

Con la potencia requerida se selecciona un motor con las siguientes características.

$$P = 10 \text{ HP} = 10,13 \text{ CV}$$

$$N_2 = 1750 \text{ rpm}$$

Para un motor se debe aplicar una potencia corregida.

$$P_c = P * c \quad \text{Ec. 3-10}$$

c = factor de corrección =1 [3] (tabla 1 Anexo A2).

$$P_c = 10,13 \text{ CV}$$

Con P_c y N_2 de gráfico 1 de Anexo A2 [3] (catálogo de bandas) se tiene una banda **tipo B**.

Distancia entre ejes I.

Para K comprendida entre 1 y 3.

$$I \geq \frac{(K+1)d_2}{2} + d_2 \quad \text{Ec. 3-11}$$

$$I \geq 457,2 \text{ mm}$$

$$I_{\text{asumido}} = 460 \text{ mm.}$$

Cálculo de la longitud primitiva de la banda

$$L = 2.I + 1.57(d_3 + d_2) + \frac{(d_3 - d_2)^2}{4.I} \quad \text{Ec. 3-12}$$

$$L = 2.(460 \text{ mm}) + 1.57(457,2 \text{ mm} + 152,4 \text{ mm}) + \frac{(457,2 \text{ mm} - 152,4 \text{ mm})^2}{4.(460 \text{ mm})}$$

$$L = 1927,56 \text{ mm}$$

En catálogo de bandas [3] (tabla 4 Anexo A3) con la longitud primitiva se escoge el tipo.

$L_{\text{nominal primitiva}} = 1948 \text{ mm}$ Tipo B 75 (11 – B).

Cálculo de la distancia entre ejes corregida

$$I_{\text{CORREGIDA}} = I \pm \frac{1}{2}(1948 - 1927,56) \text{ mm} \quad \text{Ec. 3-13}$$

$$I_{\text{CORREGIDA}} = 470,22 \text{ mm}$$

Cálculo del arco de contacto

$$\Gamma = 180 - 57 \frac{(d_3 - d_2)}{I_c} \quad \text{Ec. 3-14}$$

Remplazando valores se tiene:

$$\Gamma = 143,05^\circ$$

Cálculo de la potencia transmitida por banda

$$P_a = (P_b + P_d) * Cr * Cl \quad \text{Ec. 3-15}$$

De donde con d_2 y N_2 .

$$P_b = 4,95$$

$$P_d = 0.79$$

$$V_{\text{máx}} = 15 \text{ m/s}$$

Con el arco de contacto [3].

$$Cr = 0.895$$

$$Cl = 0,97$$

El valor de P_a es:

$$P_a = 4,98 \text{ CV}$$

Cálculo del número de bandas

$$\# \text{Bandas} = \frac{P_c}{P_a} \quad \text{Ec. 3-16}$$

$$\# \text{Bandas} = 2,03 \approx 2 \text{ bandas}$$

Cálculo de la velocidad de la polea 1.

$$V = n_2 \cdot d_2 / 2 \quad \text{Ec. 3-17}$$

$$V = 1750 \text{ rpm} \cdot \frac{152,4 \text{ mm}}{2}$$

$$V = 13,96 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{BANDA}} \leq V_{\text{MAX}}$$

$$13,96 \text{ m/s} \leq 15 \text{ m/s} \quad OK$$

En tablas de bandas con un tipo B-75 se tiene los siguientes datos para el montaje de la misma:

- Carrera mínima para el montaje 32 mm.
- Carrera mínima para el tensor 51 mm.

Selección de bandas para la Segunda transmisión.

Realizando el mismo procedimiento de cálculo de la primera transmisión por poleas se tiene:

$$N_3 = 603,2 \text{ rpm}$$

Donde:

$$K=3,6$$

$$d_2 = 5 \text{ plg}$$

$$d_3 = 18 \text{ plg}$$

Remplazando en la ecuación 3-3 se tiene:

$$N_4 = 188,5 \text{ rpm}$$

De la ecuación 3-10 se tiene la potencia corregida.

$$P_c = P * c$$

c = factor de corrección = 1

$$P_c = 10,13 \text{ CV}$$

Con P_c y N_3 se tiene una banda **tipo B**.

Distancia entre ejes.

Para $K \geq 3$

$$I \geq d^3$$

$$I \geq 457,2 \text{ mm}$$

$$I_{\text{asumido}} = 460 \text{ mm.}$$

Cálculo de la longitud primitiva de la banda

$$L = 1896,45 \text{ mm}$$

Con la longitud primitiva se escoge el tipo.

L nominal primitiva = 1948 mm Tipo B 75 (11 – B).

Cálculo de la distancia entre ejes corregida [4]

$$I_{\text{CORREGIDA}} = 485,77 \text{ mm}$$

Cálculo del arco de contacto [4]

$$\Gamma = 141,25^\circ$$

De la ecuación 3-15 se tiene la potencia transmitida por banda [4]

$$P_a = (P_b + P_d) * Cr * Cl$$

donde:

$$P_b = 1,6$$

$$P_d = 0,29$$

$$V_{\text{máx}} = 5 \text{ m/s}$$

$$Cr = 0,89$$

$$C_1 = 0,97$$

El valor de P_a es:

$$P_a = 4,65 \text{ CV}$$

De la ecuación 3-16 se tiene número de bandas.

$$\# \text{ Bandas} = \frac{P_c}{P_a}$$

$$\# \text{ Bandas} = 2,18 \approx 2 \text{ Bandas}$$

3.7 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE LA MEZCLA

3.7.1 Elevador de cangilones

Como ya se mencionó anteriormente el tipo de elevador a utilizarse es de cangilones (fig. 27), ya descrito anteriormente con los siguientes parámetros:

- Capacidad de carga (peso de la carga nominal), velocidades de movimiento de los distintos mecanismos, régimen de trabajo, tramos, voladizos, altura de ascensión.
- Altura de elevación e inclinación respecto a la vertical.
- En la magnitud de la capacidad de carga se incluye el peso de los aditamentos agarradores de carga y dispositivos secundarios suspendidos, al órgano para subir los pesos (cangilón).

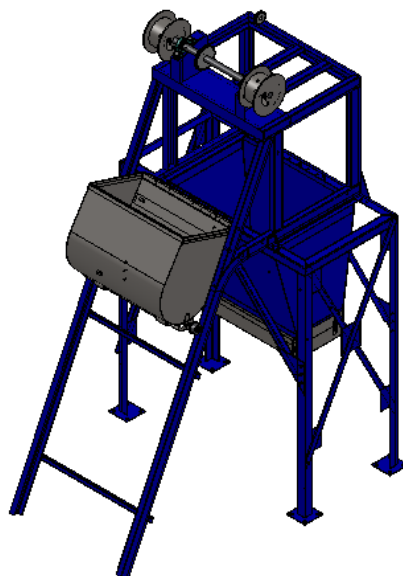


Fig. 27 Elevador de cangilones

3.7.1.1 Selección del cable

La cantidad de material a mezclar es dos quintales de cemento más la cantidad de arena y agua para la dosificación. Los pesos y volúmenes a elevar se dan en la tabla III:

TABLA III. Pesos y volúmenes de adoquines

ADOQUINES		
	m ³	Kg
Arena	0,407	590,37
Cemento	0,036	50,000
Agua (9%)	0,040	39,86
Total 1 qq	0,483	680,23
Total 2 qq	0,965	1360,45

En el diagrama de cuerpo libre de la fig. 28 se muestra la transmisión por cable usada en el elevador para transportar la mezcla de hormigón a la tolva de la máquina vibrocompresora.

La distancia de elevación es de 4m, y la carga a elevar es la tercera parte de la mezcla total de 2 quintales para adoquines situada en la mezcladora.

La capacidad de carga nominal a elevar W es la suma del peso de la mezcla a elevar $W_{mezcla} = 453,48 \text{ Kg}$ más el peso del cangilón $W_{cangilón} = 73 \text{ Kg}$. [11].

$$W = W_{mezcla} + W_{cangilón}$$

$$W = 453,48Kg + 73Kg = 526,48Kg$$

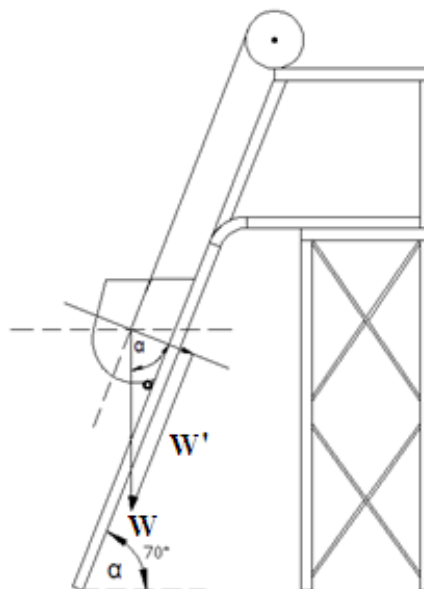


Fig. 28 Representación de la carga nominal W

$$W' = W * \text{sen } \alpha = 526,48Kg * \text{sen} 70^\circ$$

$$W' = 494,73Kg$$

Cálculo de la fuerza de rozamiento

$$N = W \cdot \cos \alpha = 526,48 \text{ Kg} \cdot \cos 70^\circ$$

Ec. 3-18

$$N = 180,07 \text{ Kg}$$

La fuerza de rozamiento se produce entre el perfil de UPN (guías), y las ruedas del cangilón.

Como las ruedas serán lubricadas, el coeficiente de rozamiento para un acero-acero lubricado es $\mu = 0,1$

$$f_r = \mu \cdot N$$

Ec. 3-19

$$f_r = 0,1 \cdot 180,07 \text{ Kg} = 18,01 \text{ Kg}$$

La tensión Q que se tendrá en el cable de acero es la suma de W' más la F_r .

$$Q = W' + f_r$$

Ec. 3-20

$$Q = 494,73 \text{ Kg} + 18,01 \text{ Kg} = 512,74 \text{ Kg}.$$

Como la elevación del cangilón se lo realiza por medio de dos cables situados en los extremos del mismo con enrollamiento individual en sus respectivos tambores, la tensión Q' por cada cable será $Q/2$.

$$Q' = Q/2 = 256,37 \text{ Kg}$$

Ec. 3-21

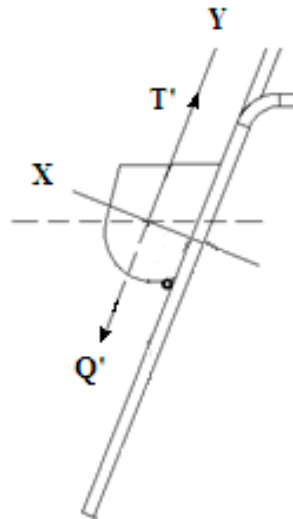


Fig. 29 Diagrama de fuerzas del elevador

$$\sum F_y = m \cdot a$$

$$T' - Q' = m \cdot a$$

$$T' = Q' + m \cdot a$$

Cálculo previo de la fuerza de tensión en el cable T'

$$T' = Q' + \frac{Q'}{g} * a \quad \text{Ec. 3-22}$$

Donde g es la aceleración de la gravedad = 9,8 m/s².

Cálculo de la aceleración

$$V_f^2 = V_o^2 + 2a.y \quad \text{Ec. 3-23}$$

$$V_f^2 = 2a.y$$

La altura de elevación es de 4m.

La velocidad de movimiento para los ascensores de carga se encuentra entre los límites de 0,1 y 0,5 m/s. [7]. Se escoge una de 0,5 m/s.

$$a = \frac{V^2}{2y} = \frac{(0,5)^2 m^2/s^2}{2(4m)} = 0,0313 m/s^2$$

Remplazando los valores en la Ec. 3-22 se tiene el valor de T':

$$T' = 256,37 Kg + \frac{256,37Kg}{9,8 m/s^2} * 0,0313 \frac{m}{s^2}$$

$$T' = 257,19Kg$$

Con la velocidad tangencial se obtiene el factor de seguridad mínimo para una variedad de aplicaciones de cables según Anexo A4. [5] [6].

$$V = 0,5 \frac{m}{s} = 98,1 \frac{pie}{min}$$

n = 6,65 Para elevadores de carga motorizados.

El valor de la tensión en el cable para la selección será:

$$T = T' * n \quad \text{Ec. 3-24}$$

$$T = 1710,31 Kg \approx 1,7 TON$$

De tablas sobre propiedades de cables metálicos se tiene [5] (Anexo A5):

Cable metálico 6 x 7

$\emptyset = 3/8$ Para 5,86 TON (resistencia nominal a la rotura). Para IPS (acero para arado)

Cable metálico 6 x 19

$\emptyset = 3/8$ Para 6,10 TON (resistencia nominal a la rotura). Para IPS

El peso de cable viene dado por [5]

$$W \approx 1,6 Dr^2 \quad \text{Ec. 3-25}$$

$$W \approx 1,6 (3/8)^2$$

$$W \approx 0,225 \text{ lb/pie}$$

La longitud total del cable es 15mts.

$$W \approx 0,335 \text{ Kg/m} * 15\text{m}$$

$$W = 5,02 \text{ Kg}$$

El valor de la fuerza de tensión en el cable T_{Total} será:

$$T_{\text{Total}} = Q' + W_{\text{cable}} + \frac{Q' + W_{\text{cable}}}{g} \cdot a \quad \text{Ec. 3-26}$$

$$T_{\text{Total}} = 256,37 \text{ Kg} + 5,02 \text{ Kg} + \frac{256,37 + 5,02}{9,8} \cdot (0,0313)$$

$$T_{\text{Total}} = 262,23 \text{ Kg}$$

3.7.1.2 Factor de seguridad de los cables de maquinaria de elevación [6].

El factor de seguridad de los cables destinados a maquinaria de elevación se calcula dividiendo la carga de rotura del cable (especificada por el fabricante o determinada mediante ensayo) entre la suma de los pesos máximos que se tienen que levantar.

$$n = \frac{5860 \text{ Kg}}{262,23 \text{ Kg}}$$

$$n = 22,34$$

3.7.2 Dimensionamiento del tambor

3.7.2.1 Poleas y tambores [5] [6] [7].

La fatiga debida a los esfuerzos de flexión en el cable se reduce mucho empleando poleas y tambores de diámetros tan grandes como sea posible, como se hace en algunas instalaciones mineras. Esto mismo, en cambio, resulta imposible en las grúas y en los equipos para la construcción y otros. En cualquier caso, el diámetro mínimo de estos elementos no será inferior a los valores indicados para cada caso en la siguiente tabla IV.

TABLA IV. Diámetros de las llantas de poleas y de tambores para cables de acero

Composición	Medida recomendada (número de veces el diámetro del cable)	Mínimo
6X7	72	42
6X19	45	30
6X37	27	18
8X19	31	21

Según las propiedades de los cables metálicos se recomienda que: [6]

$$D_s \text{ minimo} = 30D_r \text{ plg}$$

Ec. 3-27

$$D_s \text{ deseable} = 45D_r \text{ plg}$$

Ec. 3-28

Donde:

D_r = diámetro del cable

D_s = diámetro del tambor

Remplazando se tiene:

$$D_s = 45 * \frac{3}{8} \text{ plg} = 16,875 \text{ plg} \approx 42,86 \text{ cm.}$$

Verificación a flexión [5] [8] [9].

$$\sigma_b = E. \frac{dw}{D_s}$$

Ec. 3-29

donde:

σ_b = esfuerzo flexionante.

E = módulo de elasticidad del alambre. = $12 \times 10^6 \text{ Psi}$

$$dw = 0,067 D_r = 0,067 * \frac{3}{8} = 0,0251 \text{ plg}$$

Ec. 3-30

Remplazando se tiene:

$$\sigma_b = 17848,89 \text{ Psi}$$

El Esfuerzo de tensión admisible [5] [9] es:

$$\sigma_t = [F_t] / A_m$$

Ec. 3-31

donde:

$$A_m = \text{área del metal} \approx 0,4 D_r^2 \approx 0,4 \left(\frac{3}{8}\right)^2 = 0,0563 \text{ plg}^2$$

Ec. 3-32

$[F_t]$ = resistencia nominal a la rotura = 5,86 TON.

$$\sigma_t = \frac{5,86 \text{ TON} * \frac{2000 \text{ lb}}{1 \text{ TON}}}{0,0563 \text{ plg}^2} = 208170,515 \text{ Psi}$$

El coeficiente de seguridad será:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_b} = \frac{208170,515}{17848,89}$$

$$n = 11,66$$

Verificación al aplastamiento (entre el cable y el tambor) [6].

$$p = \frac{2F_t}{d_r.D_s}$$

Ec. 3-33

donde:

F_t = fuerza de tensión en el cable = 262,63 Kg = 579,09 lb

dr = diámetro del cable = 3/8 plg.

Ds = diámetro del tambor = 16,875 Plg.

Remplazando en la ecuación 3-33 se tiene:

$$p = 183,02 \text{ Psi}$$

[p] = 900Psi Es la presión de aplastamiento para un acero fundido. [6].

El coeficiente de seguridad será:

$$n = \frac{[p]}{p}$$

$$n = \frac{900 \text{ Psi}}{183,02 \text{ Psi}}$$

$$n = 4,92$$

Verificación de la tensión permisible a la fatiga [6].

$$F_f = \frac{Su \cdot dr \cdot Ds}{2000}$$

Ec. 3-34

donde:

Su = Resistencia última del cable = 280 Kpsi. (Tabulado).

dr = diámetro del cable = 3/8 plg.

Ds = diámetro del tambor = 16,875 Plg.

$$F_f = \frac{280 \times 10^3 \text{ Psi} \cdot \frac{3}{8} \text{ plg} \cdot 16,875 \text{ plg}}{2000} = 885,94 \text{ lb}$$

El coeficiente de seguridad será:

$$n = \frac{F_f}{F_t} = \frac{885,94 \text{ lb}}{579,09 \text{ lb}}$$

$$n = 1,6$$

3.7.3 Diseño del eje principal para tambores enrolladores de cable

3.7.3.1 Cálculo de fuerzas en la transmisión por cadena

Para el eje de los enrolladores de cable se utiliza un acero de transmisión SAE 1018 de 2plg de diámetro por tener aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, con un Sut de 5200 Kg/cm² y un Sy de 3200 Kg/cm².

El sistema de elevación se acciona por medio de un motoreductor con las siguientes características:

$$P = 2\text{HP}$$

$$N_2 = 45\text{rpm (motor)}$$

Datos de los diámetros de las catalinas:

$$d = 10\text{cm}$$

$$D=19\text{cm}$$

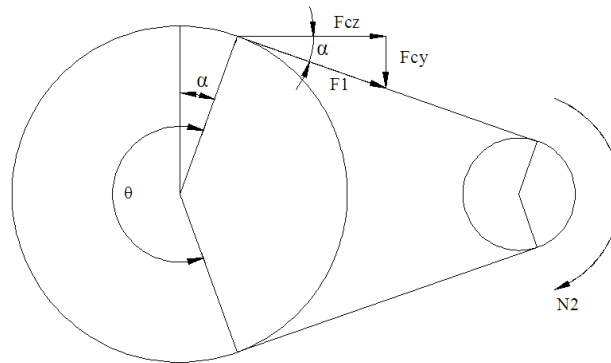


Fig. 30 Diagrama de tensiones en cadena

Fuerza que la cadena transmite a los ejes de la transmisión.

$$P = T \cdot N$$

Ec. 3-35

Donde:

P= potencia

T= torque = F*r

N= velocidad angular

De la ecuación 3-35 se tiene:

$$F_1 = \frac{P}{r \cdot N} = 645,36 \text{ Kg.}$$

De la fig. 30 se tiene las siguientes ecuaciones:

$$F_y = F \cdot \text{sen } \alpha$$

$$F_z = F \cdot \text{cos } \alpha$$

donde:

$$\alpha = \frac{180}{\pi} * \left(\frac{D-d}{2l} \right) \quad [4]$$

Ec.3-36

$$\alpha = \frac{180}{\pi} * \left(\frac{20-10}{2(25)} \right)$$

$$\alpha = 11,46^\circ$$

Remplazando valores se tiene:

$$F_{cy} = 645,36 \cdot \text{sen } 11,46^\circ = 128,23 \text{ Kg}$$

$$F_{cz} = 645,36 \cdot \text{cos } 11,46^\circ = 632,49 \text{ Kg}$$

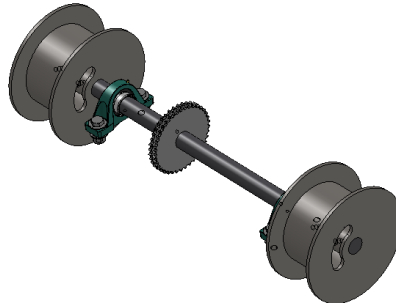


Fig. 31 Eje para tambores juntadores de cable

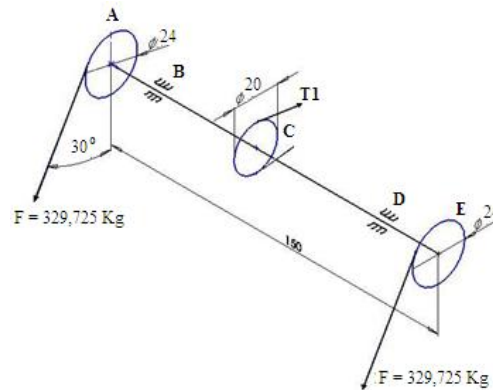


Fig. 32 Diagrama de fuerzas

Las componentes de las fuerzas en A y E son:

$$F_{Ay} = F * \cos 30^\circ = 227,09 Kg$$

$$F_{Az} = F * \sin 30^\circ = 131,12 Kg$$

$$F_{Ey} = F * \cos 30^\circ = 227,09 Kg$$

$$F_{Ez} = F * \sin 30^\circ = 131,12 Kg$$

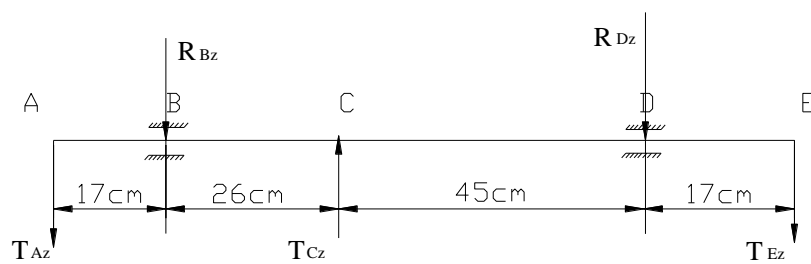


Fig. 33 Diagrama de fuerzas en el plano XZ

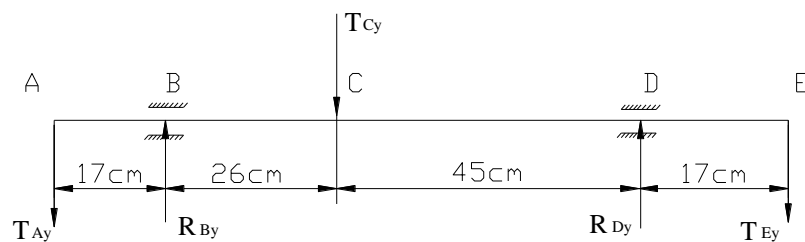


Fig. 34 Diagrama de fuerzas en el plano XY

De las condiciones de equilibrio de la fig. 33 y 34 se obtienen:

$$R_{By} = 308,37 \text{ Kg.}$$

$$R_{Dy} = 274,05 \text{ Kg.}$$

$$R_{Bz} = 269,76 \text{ Kg.}$$

$$R_{Dz} = 100,49 \text{ Kg.}$$

De los diagramas de momentos en el plano XY y en el plano XZ se obtiene el valor mayor de los momentos el cual está en el punto C.

$$M_{CXY} = 1747,42 \text{ Kg.cm}$$

$$M_{CXZ} = 12651,92 \text{ Kg.cm}$$

$$M_{CT} = 12772,02 \text{ Kg.cm}$$

El esfuerzo de flexión es:

$$\sigma_f = \frac{32.M}{\pi.D^3} \quad \text{Ec. 3-37}$$

Donde:

$$D = \text{diámetro del eje} = 2 \text{ plg} = 5,08 \text{ cm}$$

$$M = \text{momento flector máx.} = 12772,02 \text{ Kg.cm}$$

$$\sigma_f = 992,36 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo por torsión es:

$$\tau_f = \frac{16.T}{\pi.D^3} \quad \text{Ec. 3-38}$$

Donde:

$$T = \text{momento torsor} = F_1 * r = 645,36 \text{ Kg} * 9,5 \text{ cm} = 6130,92 \text{ Kg*cm}$$

$$\tau_f = 233,43 \text{ Kg/cm}^2$$

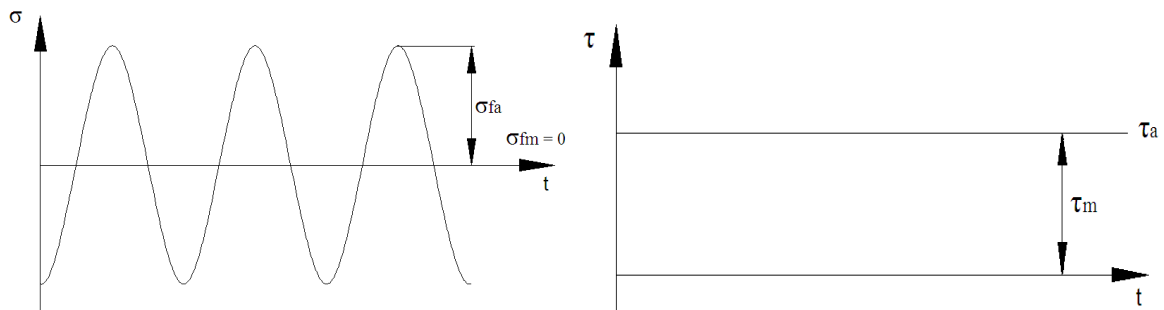


Fig. 35 Fluctuación de los esfuerzos

$$\sigma_{fa} = \frac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = \frac{992,36 \text{ Kg/cm}^2}{2} = 496,18 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Ec. 3-39}$$

$$\sigma_{fm} = 0$$

Ecuación de esfuerzos combinados

Según Von Mises H.

$$\sigma_{eq} a = \sqrt{(\sigma_{fa} + \sigma_{aa})^2 + 3(\tau_{Ta} + \tau_{ca})^2} \quad \text{Ec. 3-40}$$

$$\sigma_{eq} a = \sigma_f a$$

$$\sigma_{eq} a = 496,18 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eq} m = \sqrt{(\sigma_{fm} + \sigma_{am})^2 + 3(\tau_{Tm} + \tau_{cm})^2} \quad \text{Ec. 3-41}$$

$$\sigma_{eq} m = \sqrt{3(\tau_{Tm})^2}$$

$$\sigma_{eq} m = 404,31 \text{ Kg/cm}^2$$

Límite de fatiga:

$$Se = Ka. Kb. Kc. Kd. Ke. Se' \quad \text{Ec. 3-42}$$

donde:

$Ka = 0,85$ Para laminado en caliente.

$$Kb = 1,189d^{-0,097} = 1,189(50)^{-0,097} = 0,81$$

$Kc = 0,897$ Para una confiabilidad de 0,90.

$$Kd = 1$$

$$Kf = q(Kt - 1) + 1 = 0,85 * (1,85 - 1) + 1 = 1,72$$

$$Ke = \frac{1}{Kf} = \frac{1}{q(Kt - 1) + 1}$$

$$q = 0,85 \text{ Para } r = 0,08 \text{ plg}$$

$$Kt = 1,85 \text{ para } D/d = 1,8$$

$$Ke = 0,58$$

$$Se = 0,85 * 0,81 * 0,897 * 1 * 0,58 * (0,5 * 5200 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$Se = 931,32 \text{ Kg/cm}^2$$

De la aplicación del criterio lineal de Soderberg se tiene:

$$\frac{\sigma_{eq} a}{Se} + \frac{\sigma_{eq} m}{Sy} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec. 3-43}$$

Remplazando se tiene n:

$$n = 2$$

3.8 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE MEZCLA

Para el proceso de alimentación de la mezcla se necesitan los siguientes parámetros:

— Volumen necesario de mezcla para el llenado del molde de adoquines 39532,8 cm³, [11].

- A este valor se le aumenta un 50% para el dimensionamiento del alimentador, ya que una vez llenado el material en el molde debido a la vibración de este, la mezcla tiende a compactarse, debido a esto reduce la altura del producto, por lo cual esta pérdida debe ser compensada.

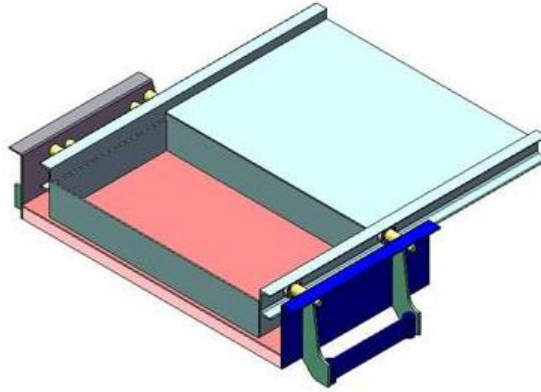


Fig. 36 Alimentador de mezcla

3.8.1 Fuerza requerida para el accionamiento del carro transportador

Supóngase que la mezcla total ocupa las 2/3 partes del volumen total de la tolva de alimentación, lo que da aproximadamente $0,6 \text{ m}^3$.

La densidad de la mezcla para bloques es de $1400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, por lo tanto la masa total es:

$$m = 1400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,6 \text{ m}^3 = 865,2 \text{ Kg}.$$

La primera fuerza que debe vencer el mecanismo es la fuerza de rozamiento que existe entre el concreto total y acero de la base del carro.

Sea $\mu = 0,4$, coeficiente de fricción acero-concreto. [13].

$$F_{R1} = \mu * N = 0,4 * 865,2 \text{ Kg} = 346,08 \text{ Kg}$$

Otra fuerza que debe vencer el mecanismo es la fricción entre el concreto de la tolva con el concreto del carro.

Sea $\mu = 0,83$ coeficiente de fricción concreto-concreto.

$$F_{R2} = \mu * N$$

$$m_{total} = 742,98 \text{ Kg}$$

$$F_{R2} = 0,83 * 742,98 \text{ Kg} = 616,76 \text{ Kg}$$

Otra fuerza que necesita vencer el mecanismo es la que existe entre la mezcla de la tolva y la tapa de la misma.

Sea $\mu = 0,4$ acero-concreto.

$$F_{R3} = \mu * N_{0,4} * 742,98Kg = 297,2Kg$$

Por lo tanto la fuerza total que debe ejercer el mecanismo y que debe vencer el cilindro hidráulico es:

$$F_{RT} = (346,08 + 616,67 + 297,2)Kg$$

$$F_{RT} = 1260Kg$$

3.8.2 Diseño de los ejes para el carro transportador [12].

El material a utilizar para la construcción del eje de la fig. 37 es un acero al carbono para maquinaria AISI 1045, cuyas propiedades son:

$$S_y = 3200 Kg/cm^2 ; \quad S_{ut} = 6500 Kg/cm^2$$

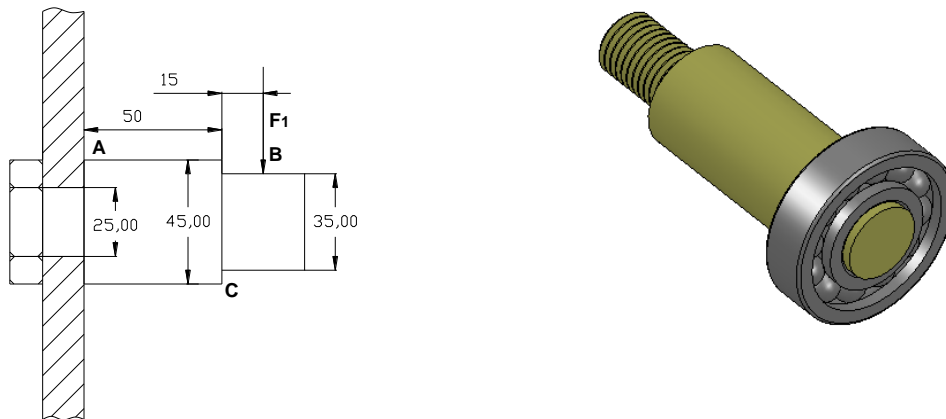


Fig. 37 Eje para ruedas de carro transportador

Diseño del elemento [6]

Como el eje está empotrado y sometido a una carga constante, el esfuerzo no fluctúa por lo cual se realiza un diseño a carga estática.

La fuerza F_1 ejercida en el eje es de 350Kg que corresponde a $\frac{1}{4}$ de la mezcla contenida en la tolva debido a que son cuatro las ruedas del carro transportador.

De la ecuación 3-41 de Esfuerzo a flexión se tiene:

Como el momento flector es:

$$M = 350Kg * 6,5cm = 2275Kg.cm$$

El esfuerzo de flexión resulta:

$$\sigma_{fx \text{ máx}} = \frac{32 * 2275Kg.cm}{\pi * (3,5)^3 cm^3} = 540,48 Kg/cm^2$$

El Esfuerzo a cizalladura producido en el punto A es:

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A_c} = \frac{350 \text{ Kg}}{\frac{\pi}{4}(2,5)^2 \text{ cm}^2} = 71,28 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Ec. 3-44}$$

Según la teoría de esfuerzo cortante máximo o criterio de Tresca se tiene:

$$\sqrt{(\sigma_x)^2 + 4(\tau_{xy})^2} \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. 3-45}$$

$$\sqrt{(540,48)^2 + 4(71,28)^2} \leq \frac{S_y}{n}$$

$$\frac{S_y}{n} = 558,97 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = 5,72$$

3.9 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN

3.9.1 Sistema de vibración [14].

La vibración en el sistema vibratorio se lo puede considerar como un caso de vibración forzada con amortiguamiento, por lo que la ecuación diferencial del movimiento es:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \sin wt \quad \text{Ec. 3-46}$$

Al igual que en el caso de las vibraciones forzadas sin amortiguamiento, las soluciones correspondientes a la ecuación homogénea desaparecen rápidamente y sólo perduran las correspondientes a la solución particular; esta solución particular viene dada por la expresión: [14].

$$x = \frac{F_0 \sin (wt - \varphi)}{\sqrt{(K - mw^2)^2 + c^2 w^2}} \quad \text{Ec. 3-47}$$

Siendo φ la diferencia de fase, de tal forma que se verifica $\tan \varphi = \frac{cw}{K - mw^2}$ Ec. 3-48

La amplitud de la vibración es:

$$x_0 = \frac{F_0}{\sqrt{(K - mw^2)^2 + c^2 w^2}} \quad \text{Ec. 3-49}$$

donde:

$$F_0 = x_0 \left(\sqrt{(K - mw^2)^2 + c^2 w^2} \right) \quad \text{Ec. 3-50}$$

K_i = Constante del caucho = 40 kg/cm [19].

n = número de cauchos = 6 (Amortiguación de la mesa vibratoria).

$$K = K_i * n = 240 \text{ Kg/cm}$$

m = masa de la mesa de vibración y el molde = 80 kg [11].

$$W = 3000 \text{ rpm} = 314,16 \text{ rad/s}$$

$A = x_0$ = Amplitud de la frecuencia 0,1 cm

c = Coeficiente de amortiguamiento = 5,65 Kg s/cm [14].

$$F_0 = 0,1 \text{ cm} \sqrt{\left(240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} - 80 \text{ Kg} (314,16 \text{ rad/s})^2\right)^2 + \left(5,65 \frac{\text{Kg s}}{\text{cm}}\right)^2 (314,16 \text{ rad/s})^2}$$

$$F_0 = 789480,65 \text{ Kg}$$

Con la fuerza máxima de excitación $F_0 = 789480,65$ que sería la fuerza centrífuga provocada por la excéntrica y la velocidad angular de 3000 rpm, el espesor t de la excéntrica es calculado en la siguiente figura 38:

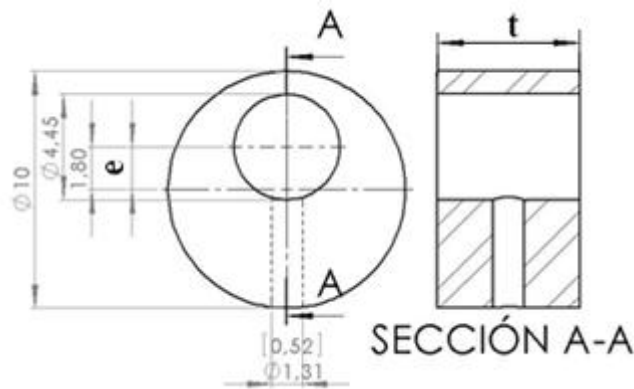


Fig. 38 Representación gráfica de la excéntrica

La fuerza centrífuga también está dada por:

$$F_c = m \cdot a_n$$

Ec. 3-51

donde:

m = masa de la excéntrica = $V\rho$

a_n = aceleración = ew^2

e = excentricidad = 1,8cm

w = velocidad angular = 314,16 rad/seg

V = Volumen de la excéntrica

ρ = Densidad del acero

Remplazando se tiene:

$$F_c = V * \rho * e * w^2$$

$$F_c = \frac{\pi}{4} D^2 t * \rho * e * w^2$$

$$789480,65 \text{ Kg} = \frac{\pi}{4} (10 \text{ cm})^2 t * 7,8 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} * 1,8 \text{ cm} * (314,16 \text{ rad/s})^2$$

$$789480,65 \text{ Kg} = 108832,54 \text{ t Kg}$$

De donde:

$$t = 7,25 \text{ cm}$$

3.9.2 Cálculo de la potencia para el motor de vibración [14].

La potencia viene dada por:

$$Pot = \frac{I_o \cdot \omega^2}{2 \cdot t_o} \quad \text{Ec. 3-52}$$

Donde:

t_o = Tiempo que tarda el motor en adquirir la velocidad constante = 1,5 seg

$$I_o = I_e + m_e e^2 + I_p \quad \text{Ec. 3-53}$$

m_e = Masa de la excéntrica

e = excéntrica

I_e = Momento de inercia de la excéntrica

$$I_e = \frac{m_e \cdot r_e^2}{2} = 91,89 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2 \quad \text{Ec. 3-54}$$

$$m_e \cdot e^2 = 23,82 \text{ Kg cm} \quad \text{Ec. 3-55}$$

I_p = Momento de inercia de la polea

$$I_p = \frac{m_p \cdot r_p^2}{2} \quad \text{Ec. 3-56}$$

Se utilizará una polea de acero: Diámetro de 10 cm, de dos canales; espesor 5 cm.

$$I_p = 3,88 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$$

Luego:

$$I_o = (91,89 + 23,82 + 3,88) \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$$

$$I_o = 119,6 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$$

Por lo tanto la potencia necesaria en la mesa vibratoria es:

$$Pot = \frac{119,6 \text{ kg cm}^2 \cdot (314,16 \text{ rad/s})^2}{2 \cdot 1,5 \text{ s}}$$

$$Pot_{mec} = 0,910 \text{ cv} = 0,922 \text{ Hp}$$

$$Pot_{motor} = \frac{0,922 \text{ Hp}}{0,85 \cdot 0,85} = 1,3 \text{ Hp}$$

Se selecciona un motor de 1,5 Hp de catálogo.

3.10 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPACTACIÓN

Para el dimensionamiento de este sistema, es necesario conocer la fuerza necesaria de compresión.

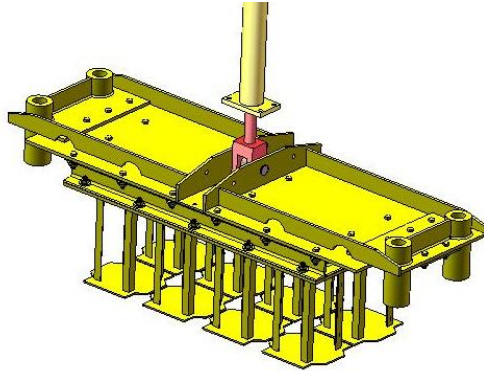


Fig. 39 Molde de compactación

En las normas DIN 18152 se recomienda una compresión satisfactoria de $1\text{Kg}/\text{cm}^2$. [15].

El área que se necesita para la compresión es tomada de la forma de un adoquín de las medidas indicadas en la figura 40.

$$A = 460\text{ cm}^2$$

El área total es igual a la de un adoquín por el número de adoquines que sale en cada tablero y en cada prensada, en este caso el molde es de 8 adoquines.

$$A_T = (460\text{ cm}^2) * 8$$

$$A_T = 3680\text{ cm}^2$$

La fuerza requerida es:

$$F = p * A$$

Ec. 3-57

$$F = 3680\text{ cm}^2 * 1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F = 3680\text{ Kg}$$

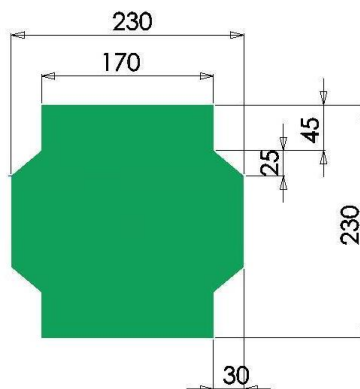


Fig. 40 Medidas estándar de un adoquín hexagonal

Esta fuerza es requerida para la compactación del producto y es la resistencia a vencer por parte del cilindro hidráulico.

3.11 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESMOLDEO

3.11.1 Mecanismo de desmoldeo

Para esta operación se optó por utilizar un mecanismo de biela-manivela, el cual permite subir el molde a fin de desmoldar los prefabricados de hormigón.

El movimiento de la biela está dado por un cilindro hidráulico en el punto D, este mecanismo permite obtener un desplazamiento lineal del punto C (molde), y se representa en la fig. 41.

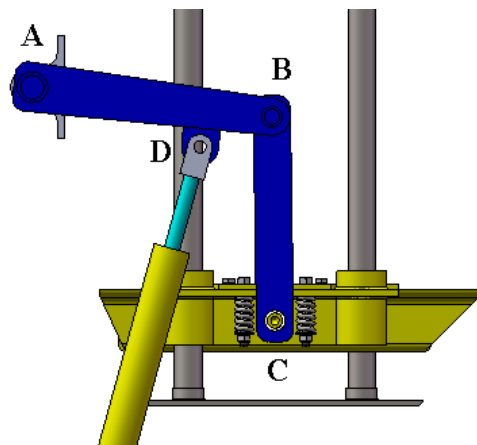


Fig. 41 Mecanismo de desmoldeo

Las ventajas de este mecanismo son:

- La distancia recorrida por el punto C es mayor que la distancia recorrida por el punto D, lo que nos permite tener una menor carrera del cilindro hidráulico.
- Debido a que el molde está en continua vibración, la utilización de este mecanismo permite aislar la vibración al cilindro hidráulico para evitar daños de fajas, retenedores, etc.
- El mecanismo funciona con dos brazos estabilizadores que están unidos mediante un eje, el cual es necesario para obtener una sincronización del movimiento en el momento de desmoldar el producto. Estos brazos funcionan a través de dos cilindros hidráulicos que permiten el movimiento más estable y equilibrado del molde, ayudado por un eje que enlaza estos dos brazos, como se indica en la fig. 42

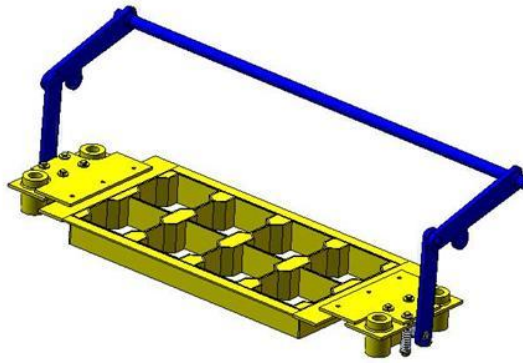


Fig. 42 Molde para prefabricados de hormigón

3.11.2 Dimensionamiento del mecanismo

El eslabón AB de la fig. 44 tiene una dimensión de 37cm, el cual hace la función de la manivela, y tendrá un ángulo de giro de $\alpha = 0$, hasta $\alpha = 48^\circ$.

El eslabón BC tiene una dimensión de 33.5cm, y tiene un movimiento rectilíneo en C el mismo que hace la función de manivela. La carrera del mecanismo será de 30cm, la misma que se ha establecido en base a las siguientes dimensiones de los otros elementos como el producto y el tablero.

Altura de producto = 24cm

Espesor de tablero = 1,5cm

Altura libre entre el producto y el molde = 4,5cm

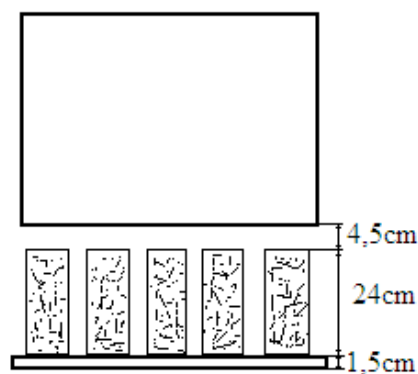


Fig. 43 Separación entre el molde y el tablero

El tiempo requerido para el desmolde es de 3 segundos, y el ángulo de desplazamiento del eslabón 2 es 48° .

Con estos datos se pueden calcular las velocidades y aceleraciones en el mecanismo y luego con esto se pueden obtener las fuerzas necesarias para el proceso.

3.11.2.1 Cálculo de las velocidades.

$$\overline{AB} = 37 \text{ cm}$$

$$\overline{BC} = 33.5 \text{ cm}$$

$$w_2 = \frac{48^\circ}{3 \text{ s}} * \frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} = 0.28 \text{ rad/s} = 2.66 \text{ rev/min}$$

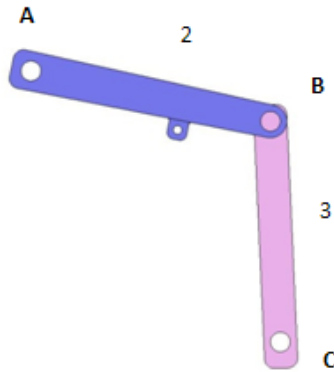


Fig. 44 Brazo principal para mecanismo de desmolde

$$v_B = w_2 * \overline{AB} = 0.28 \text{ rad/s} * 37 \text{ cm} = 10.33 \text{ cm/s}$$

Ec. 3-58

$$\overline{v_C} = \overline{v_B} + \overline{v_{CB}}$$

Ec. 3-59

$$v_{CB} = 2.13 \text{ cm/s}$$

$$v_C = 10.04 \text{ cm/s}$$

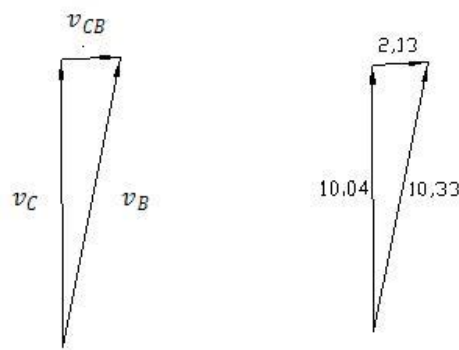


Fig. 45 Diagrama de velocidades

3.11.2.2 Cálculo de aceleraciones

$$a_B = a_B^n + a_B^t$$

Ec. 3-60

$$a_B^t = 0$$

$$a_B = \frac{v_B^2}{\overline{AB}}$$

Ec. 3-61

$$a_B = \frac{(10.33 \text{ cm/s})^2}{37 \text{ cm}} = 2.89 \text{ cm/s}^2$$

$$\overline{a_C} = \overline{a_B} + \overline{a_{CB}}$$

Ec. 3-62

$$a_c^n + a_c^t = a_B^n + a_{CB}^n + a_{CB}^t$$

$$a_c^t = 0$$

$$a_{CB}^n = \frac{v_{CB}^2}{CB}$$

Ec. 3-63

$$a_{CB}^n = \frac{(2.13 \text{ cm/s})^2}{33.5 \text{ cm}} = 0.14 \text{ cm/s}^2$$

$$a_{CB}^t = 2.85 \text{ cm/s}^2$$

Finalmente:

$$a_c = 0.86 \text{ cm/s}^2$$

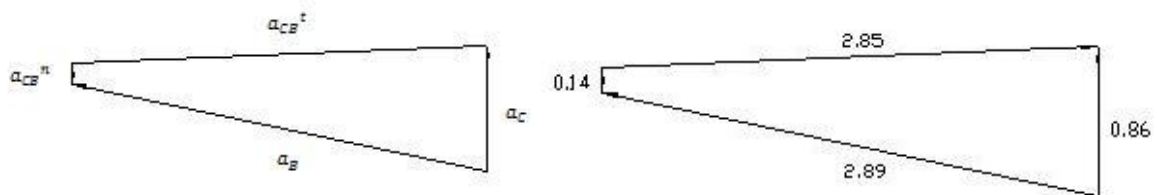


Fig. 46 Diagrama de aceleraciones

3.11.3 Cálculo de fuerzas de desmoldeo

Las cargas que actúan sobre el mecanismo son: el peso del molde, y el rozamiento del material en las paredes del molde.

3.11.3.1 Fuerza de rozamiento

Para calcular la fuerza de rozamiento, se encuentra la fuerza normal sobre las paredes y el coeficiente de fricción.

Para la obtención de esta fuerza y dadas las similitudes entre el cálculo para el material encajonado en el molde y el material encajonado por un muro [2], se ha optado por utilizar las fórmulas desarrolladas para estos casos.

Según la fig. 47 el suelo del tablero ejerce una presión lateral, pero la cantidad de esta presión depende del tipo de suelo, compactación o consistencia y grado de saturación del mismo, así como la resistencia de la estructura del molde a la presión. Además, la magnitud de la presión pasiva es diferente de la activa.

La presión activa tiende a mover la estructura en la dirección en la cual actúa la presión. La presión pasiva se opone al movimiento de la estructura.

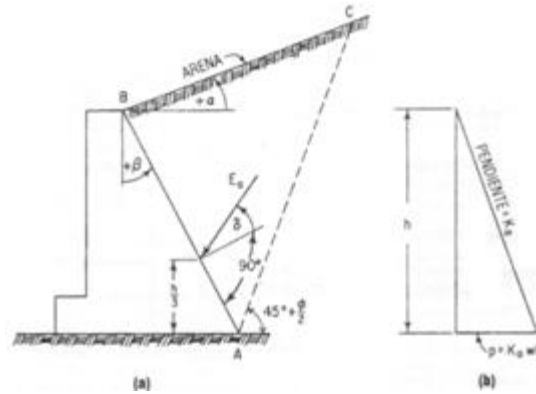


Fig. 47 El muro de retención con respaldo de arena (a) está sujeto a una distribución triangular de presión (b)

Los muros de retención para taludes en arena, libremente apoyados, tienden a girar ligeramente alrededor de la base. Atrás de dicha pared, una cuña de arena ABC tiende a cortarse a lo largo de un plano AC. Coulomb determinó que la relación entre la resistencia y la fuerza del deslizamiento es mínima cuando AC forma un ángulo de $45^\circ + \theta/2$ con la horizontal, donde θ es el ángulo de fricción interna del suelo, en grados.

Para una distribución triangular de presión (Fig. 47 b), la presión activa lateral de un suelo sin cohesión a una profundidad h , en cm es: [2]

$$p = K_a wh$$

Donde:

K_a = Coeficiente de la presión activa del hormigón

w = Peso específico del hormigón en Kg/cm^3

La presión activa total en Kg/cm se obtiene de la ecuación 3-4:

Debido a la resistencia de fricción al deslizamiento en la cara del muro, E está inclinado en un ángulo δ con la normal a la pared, donde δ es el ángulo de fricción de la pared, en grados (Fig.48 a). Si la cara de la pared es vertical, la presión activa horizontal es igual a $E_a \cos\delta$.

Para el nivel del terreno con la parte superior de la pared ($\alpha = 0$), y, además, la parte posterior de la pared es vertical ($\beta = 0$), se obtiene la ecuación de Rankine:

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \quad \text{Ec. 3-64}$$

Cuando no hay información sobre el valor del ángulo de fricción de la pared, δ puede hacerse igual $\theta/2$, para determinar el componente horizontal de E_a .

Para determinar la presión activa total se debe encontrar:

- Presión lateral del material debido a su propio peso.
- Presión lateral debido a la sobrecarga.

3.11.3.2 Presión del material debido a su propio peso

De la ecuación 3-64 se tiene:

K_a = Coeficiente de la presión activa lateral = 0.22 Tabla 7.14 [2] [Anexo A1].

w = Peso específico del hormigón = $1.4 * 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$

h = Altura del molde = 20 cm

E_a = La presión activa total del concreto en Kg/cm

$$E_a = 0.22 \frac{1.4 * 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3 * 20^2 \text{ cm}^2}{2} = 0.062 \text{ Kg/cm}$$

$$E_{a \text{ horizontal}} = 0.062 \text{ Kg/cm} * \cos(40^\circ/2)$$

$$E_{a \text{ horizontal}} = 0.058 \text{ Kg/cm lineal}$$

3.11.3.3 Presión debido a la sobrecarga

Las sobrecargas son las cargas que se colocan sobre un relleno, aumentan la presión lateral activa en un muro y elevan la línea de acción del empuje total o restante. Una sobrecarga w_s , en Kg/cm^2 , distribuida uniformemente sobre la totalidad de la superficie del relleno puede tomarse como equivalente a la de una capa de suelo del mismo peso específico W que el relleno y con un espesor de W_s/W . La presión lateral activa, en Kg/cm , debida a la sobrecarga, desde la superficie del relleno hacia abajo, será $K_a w_s h$. Ésta se debe añadir a las presiones laterales que existirían sin la sobrecarga.

$$E_a = K_a w_s h \quad \text{Ec. 3-65}$$

w_s = Sobrecarga debido a la compresión = 1 Kg/cm^2

$$E_a = 0.22 * 1 \text{ Kg/cm}^2 * 20 \text{ cm}$$

$$E_a = 4.40 \text{ Kg/cm}$$

$$E_{a \text{ horizontal}} = 4.40 \text{ Kg/cm} * \cos(40^\circ/2)$$

$$E_{a \text{ horizontal}} = 4.135 \text{ Kg/cm lineal}$$

Para encontrar la fuerza normal ejercida por la presión lateral activa del hormigón sobre las paredes del molde se tiene que multiplicar por el perímetro del bloque en las cuales ejerce dicha presión.

Perímetro del bloque=2100cm [11].

$$F_{Normal} = (0.058 + 4.135) \text{ Kg/cm} * 2100 \text{ cm}$$

$$F_{Normal} = 8804.32 \text{ Kg}$$

$$F_r = F_{Normal} * \mu$$

μ = Coeficiente de rozamiento entre las paredes del molde y los bloques cuyo valor esta entre 0.3 – 0,5 = 0.35 [14].

$$F_r = 8804.32 \text{ Kg} * 0.35 = 3081.51 \text{ Kg}$$

3.11.3.4 Fuerza de desmolde

La fuerza necesaria para el desmolde tiene que sobrepasar a la suma de la fuerza de rozamiento y el peso del molde.

$$F = 3081.51 \text{ Kg} + 85 \text{ Kg}$$

$$F = 3166.51 \text{ Kg}$$

La fuerza de desmolde se divide para dos, porque son dos brazos similares del mecanismo los cuales están conectados a través de un eje, de esta manera se puede obtener una sincronización en los mismos, de modo que para cada uno se tendrá:

$$P = F/2$$

$$P = 3166.51/2 \text{ Kg} = 1600 \text{ Kg}$$

El movimiento de la manivela lo efectuará un cilindro, la fuerza necesaria para este movimiento se obtiene de los diagramas de la figura 48, sus valores se resumen en la tabla V.

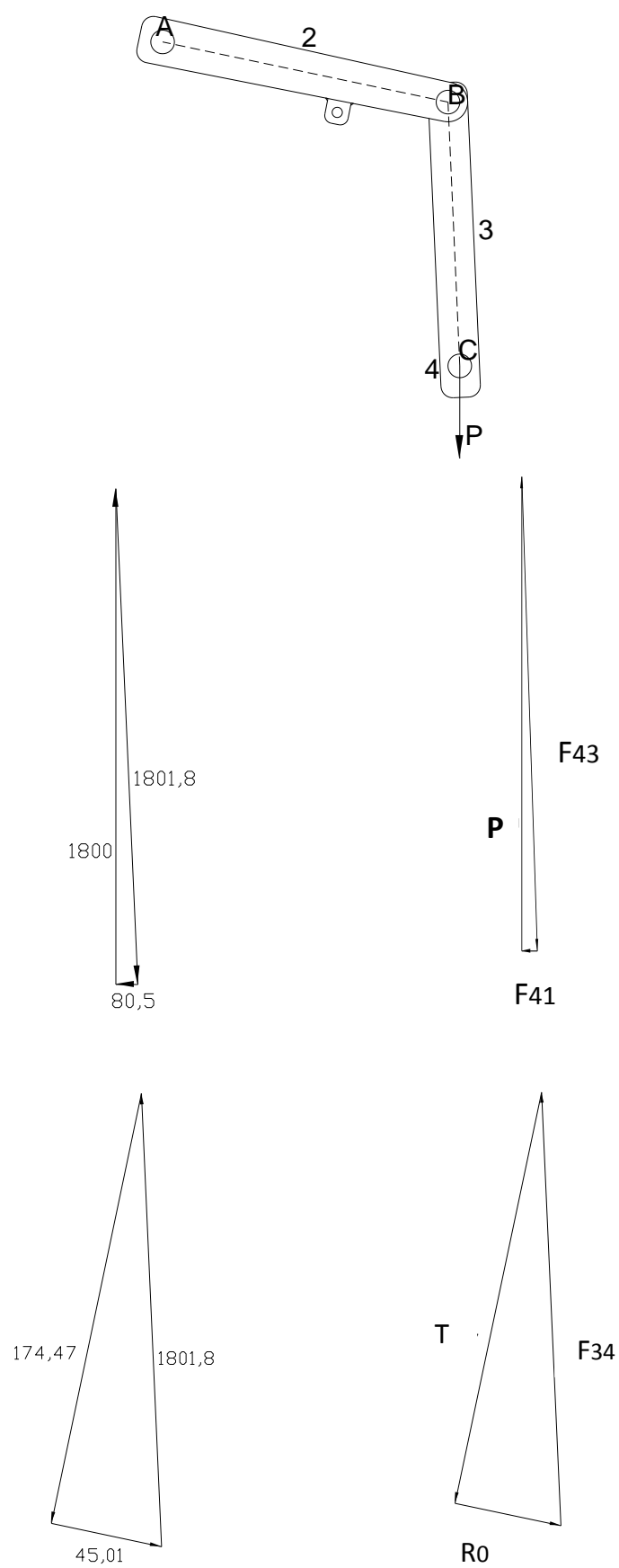


Fig. 48 Diagrama de esfuerzos del eslabón 3

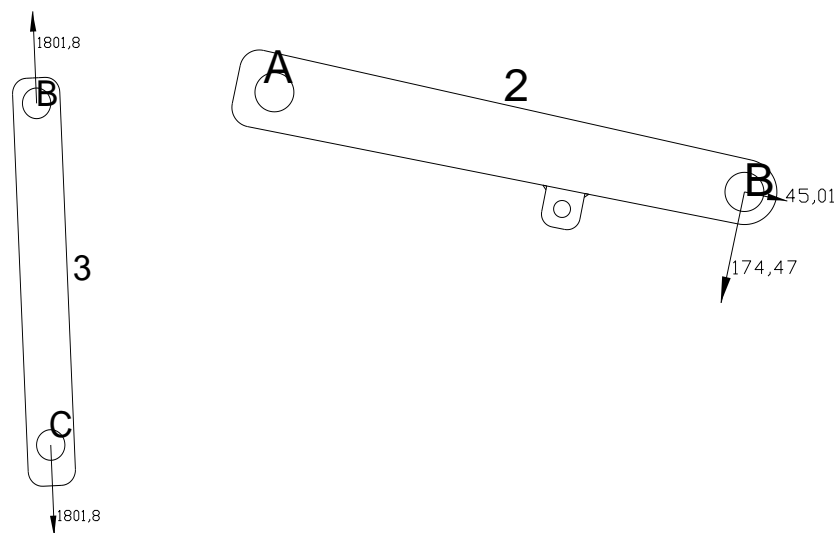


Fig. 49 Esquema del mecanismo

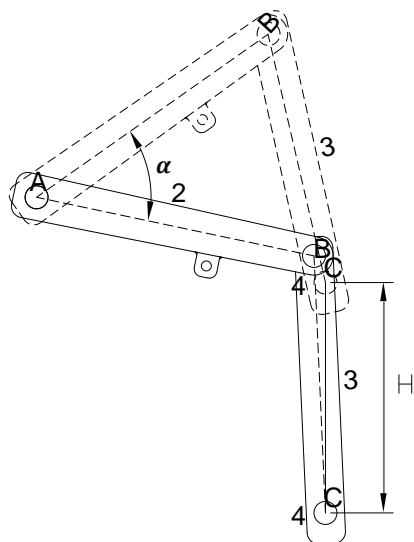


Fig. 50 Recorrido α de los eslabones del mecanismo.

TABLA V. Variación de fuerzas obtenidas en diferentes ángulos del eslabón 2.

Angulo α	F43	F41	T	R0	Altura H (mm)
0	1801,8	80,5	1744,8	449,7	0
6	1800,6	48,2	1785,5	232,2	38,05
12	1800,4	37,6	1800,1	34,7	76,68
18	1800,7	48,9	1795	142,5	115,4
24	1801,9	81,8	1777,2	297,1	153,87
30	1805,2	136,3	1753,3	429,5	191,87
36	1812,5	212,3	1729,8	541	229,35
42	1826,5	310,1	1712,9	634,3	266,39
48	1850,9	431,1	1708,4	712,1	303,18

Obtenidas las fuerzas respectivas sobre cada uno de los elementos se puede realizar su diseño.

3.11.4 Diseño del eslabón BC

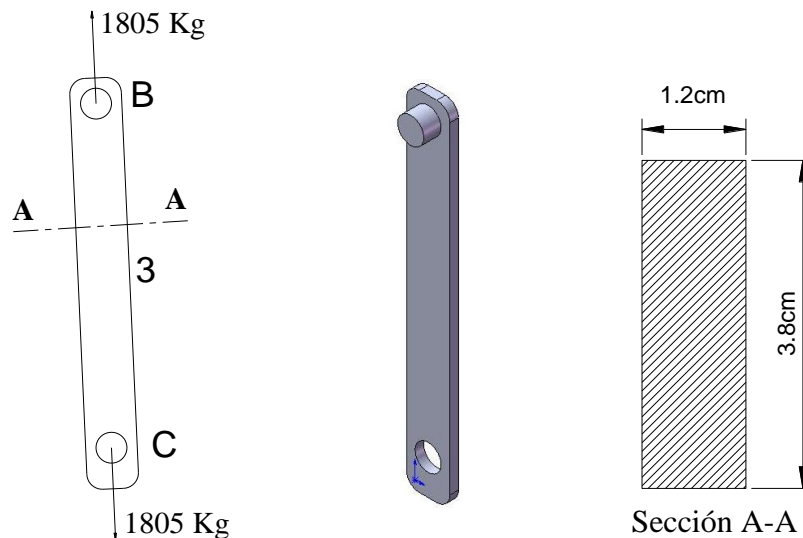


Fig. 51 Esquema de fuerzas actuantes en el eslabón BC

Diseño a carga estática

$$\sigma_X = \frac{F}{A_{A-A}}$$

Ec. 3-66

$$\sigma_X = \frac{1805Kg}{(3,8)(1,2)cm^2}$$

$$\sigma_X = 395,84 Kg/cm^2$$

Para un material AISI 1020 se tiene las siguientes propiedades:

$$S_y = 2950 Kg/cm^2$$

$$S_{ut} = 4006,81 Kg/cm^2$$

$$\sigma_X = \frac{S_y}{n}$$

Ec. 3-67

$$n = \frac{2950}{395,84} = 7,45$$

Diseño a carga dinámica

Las partes más críticas en el elemento son las secciones B-B y C-C.

Diseño en la sección B-B.

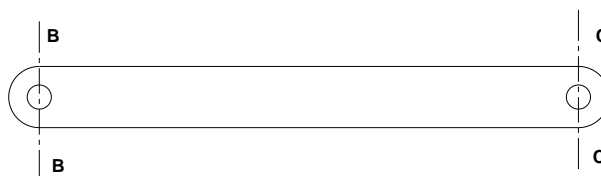


Fig. 52 Esquema de secciones más críticas en el eslabón 3

De la ecuación 3-42 del límite de fatiga se tiene:

$Ka = 0,85$ Para laminado en caliente.

$Kb = 1$ Para carga axial.

$Kc = 0,897$ Para una confiabilidad de 90%.

$Kd = 1$

$Kf = 1$

$$Ke = \frac{1}{Kf} = \frac{1}{q(Kt - 1) + 1}$$

$q = 0,75$ Para $r = 0,30$ plg

$Kt = 2,25$ para $d/w = 0,394$

$$Ke = \frac{1}{0,75 \cdot (2,25 - 1) + 1} = 0,516$$

$$Se = 0,85 * 1 * 0,897 * 1 * 1 * 0,516 * (0,45 * 4006,81 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$Se = 709,37 \text{ Kg/cm}^2$$

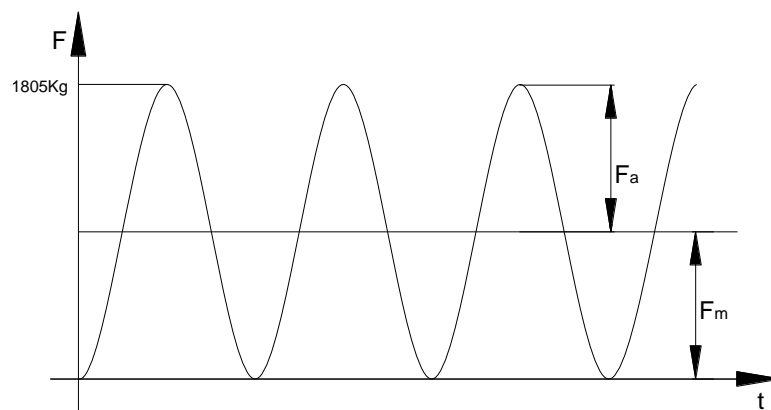


Fig. 53 Fluctuación de la fuerza en función del tiempo

$$Fa = Fm = \frac{F_{\text{máx}} + F_{\text{mín}}}{2} = \frac{(1805+0)\text{Kg}}{2} = 902,5\text{Kg}$$

Ec. 3-68

$$\sigma_a = \frac{Fa}{A_{B-B}}$$

Ec. 3-69

$$\sigma_a = \frac{902,5\text{Kg}}{[(1,15 * 1,2)\text{cm}^2 * 2]}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 326,99 \text{ Kg/cm}^2$$

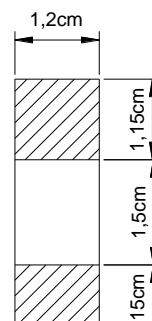


Fig. 54 Sección B-B

De la ecuación de Soderberg se tiene:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sy} = \frac{1}{n}$$

Ec. 3-70

$$\frac{326,99}{709,37} + \frac{326,99}{2950} = \frac{1}{n}$$

$n = 1,8$ Que es suficiente.

Diseño de la sección C-C.

El esfuerzo al que se someterá esta sección es corte. El material del perno de articulación es un AISI 4340 con las siguientes características:

$$S_y = 7000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{ut} = 11000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_a = F_m = 902,5 \text{ Kg}$$

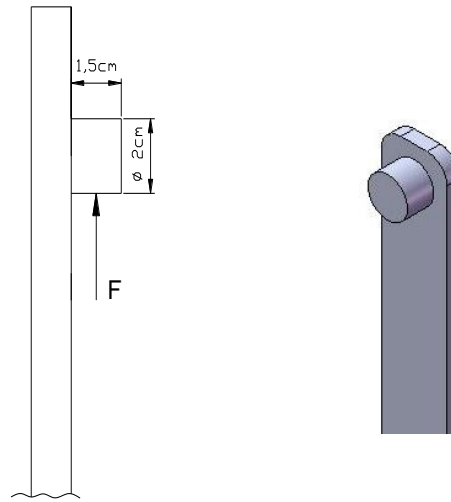


Fig. 55 Representación de F en el eslabón

Esfuerzo a corte

$$\tau_{ca} = \tau_{cm} = \frac{F_a}{A_c} \quad \text{Ec. 3-71}$$

$$\tau_{ca} = \frac{902,5 \text{ Kg}}{\frac{\pi}{4} (2)^2 \text{ cm}^2} = 287,28 \text{ Kg/cm}^2$$

Según el criterio de falla estática por torsión se tiene:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{S_{sy}}{n} \quad \text{Ec. 3-72}$$

$$\tau_{ca} + \tau_{cm} = \frac{S_{sy}}{n}$$

donde:

$$S_{sy} = 0,577 S_y = 4179 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$n = 7$$

Si el criterio de falla por torsión fuera dinámica, se tendría:

$$\tau_a = \frac{S_{se}}{n} \quad \text{Ec. 3-73}$$

donde:

$$S_{se} = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot S_{se}$$

$$\text{Ec. 3-74}$$

$$S_{se'} = 0,577 S_e = 0,577 (0,5 * 11000 \text{ Kg/cm}^2) = 3173,5 \text{ Kg/cm}^2$$

El límite de fatiga se tiene:

$Ka = 0,85$ Para laminado en caliente.

$Kb = 0,869(0,787)^{-0,097} = 0,89$

$Kc = 0,897$ Para una confiabilidad del 90%.

$Kd = 1$

$Kg = 1$

$Ke = \frac{1}{Kf} = \frac{1}{q(Kt - 1) + 1}$

$q = 0,75$ Para $d = 2$ cm

$Kt = 2,25$

$Ke = \frac{1}{0,75 \cdot (2,25 - 1) + 1} = 0,52$

$Sse = 0,85 * 0,89 * 0,897 * 1 * 1 * 0,52 * (3173,5 \text{ Kg/cm}^2)$

$Sse = 1119,8 \text{ Kg/cm}^2$

$287,28 = \frac{1119,8}{n}$

$n = 3,8$ Que es suficiente.

3.11.5 Diseño del eslabón AB

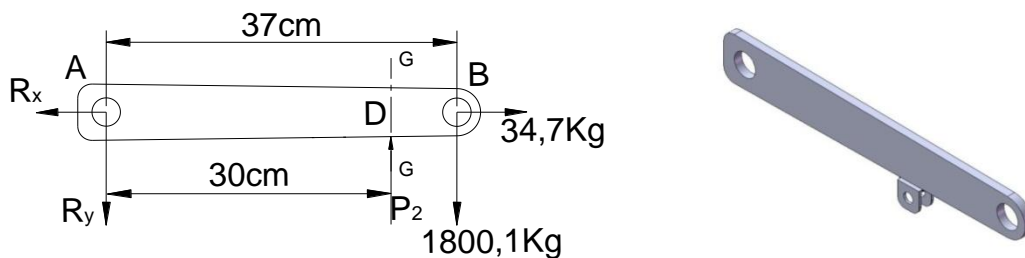


Fig. 56 Esquema de fuerzas actuantes en el eslabón 2

Cálculo de fuerzas y momentos en el eslabón.

$P_1 = 1800,1 \text{ Kg}$

$P_2 = 2220,13 \text{ Kg}$

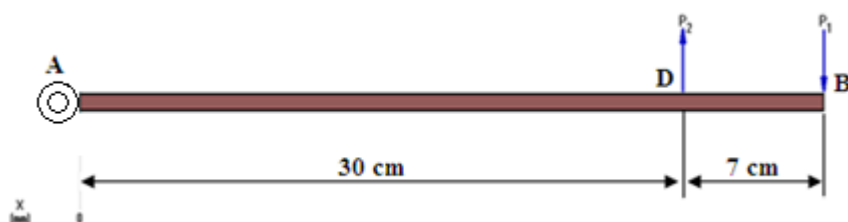


Fig. 57 Diagrama de fuerzas

Realizando sumatoria de fuerzas y momentos se obtiene el momento flector máximo en el punto D.

$$M_{flector\ máx} = 12601,02 Kg.cm$$

Diseño a carga estática

El eslabón está sometido a esfuerzos de tracción y flexión.

Esfuerzo a tracción

$$\sigma_x = \frac{F}{A_{G-G}} \quad \text{Ec. 3-75}$$

$$\sigma_x = \frac{34,7 Kg}{(2,5)(5,0) cm^2}$$

$$\sigma_x = 2,78 Kg/cm^2$$

Esfuerzo a flexión

$$\sigma_{flexion} = \frac{M.C}{I} \quad \text{Ec. 3-76}$$

$$M_{flector\ máx} = 12601,02 Kg.cm$$

$$I = \frac{b.h^3}{12} \quad \text{Ec. 3-77}$$

$$I = \frac{2,5 * 5^3}{12} = 26,04 cm^4$$

$$\sigma_{flexion} = \frac{12601,02 Kg.cm * 2,5 cm}{26,04 cm^4}$$

$$\sigma_{flexion} = 1209,78 Kg/cm^2$$

Para un material AISI 1020 cuyas propiedades son:

$$S_y = 2950 Kg/cm^2 ; S_{ut} = 4006,81 Kg/cm^2$$

$$\tau_{xy} = 0$$

$$(2,78 Kg/cm^2 + 1209,78 Kg/cm^2) = \frac{S_y}{n}$$

$$1212,56 Kg/cm^2 = \frac{2950 Kg/cm^2}{n}$$

De donde:

$$n = 2,43$$

Diseño a carga dinámica

La parte más crítica en el eslabón es en el punto D por tener el valor máximo del momento flector.

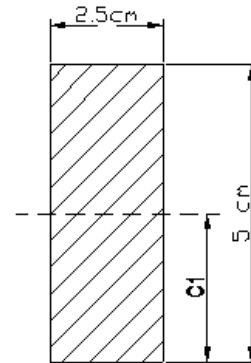


Fig. 58 Sección G-G

De la ecuación 3-42 se tiene Se:

Donde:

$Ka = 0,85$ Para laminado en caliente.

$Kb = 1$ Carga axial

$Kc = 0,897$ Para una confiabilidad de 0,90.

$Kd = Kg = Ke = 1$

$$Se = 0,85 * 1 * 0,897 * 1 * 1 * (0,45 * 4006,81 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$Se = 1374,75 \text{ Kg/cm}^2$$

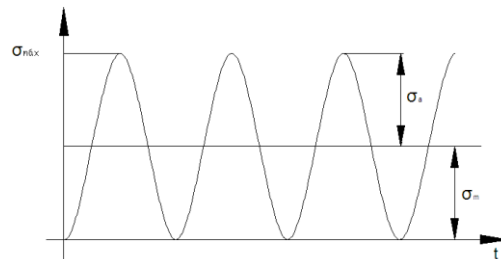


Fig. 59 Fluctuación de esfuerzos

Esfuerzo axial

$$\sigma_{ax a} = \sigma_{ax m} = \frac{\sigma_{m \acute{a}x} - \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ec. 3-78}$$

$$\sigma_{ax a} = \frac{\frac{34,7 \text{ Kg}}{(2,5)(5,0) \text{ cm}^2} - 0}{2}$$

$$\sigma_{ax a} = \sigma_{ax m} = 1,39 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo a flexión

$$\sigma_{fl a} = \sigma_{fl m} = \frac{\sigma_{m \acute{a}x} - \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ec. 3-79}$$

$$\sigma_{fl a} = \frac{\frac{12601,02 \text{ Kg.cm} * 2,5 \text{ cm}}{26,04 \text{ cm}^4} - 0}{2}$$

$$\sigma_{fl a} = \sigma_{fl m} = 604,89 \text{ Kg/cm}^2$$

Se tiene:

$$\sigma_{eq a} = \left(604,89 \text{ Kg/cm}^2 + 1,39 \text{ Kg/cm}^2 \right)$$

$$\sigma_{eq a} = \sigma_{eq m} = 606,28 \text{ Kg/cm}^2$$

Según la ecuación 3-70 se tiene:

$$\frac{606,28}{1374,75} + \frac{606,28}{2950} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1,6$$

3.12 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE TABLEROS

El sistema de alimentación de tableros debe ejercer una fuerza para superar el peso de los tableros, la fuerza de rozamiento entre tablero-tablero, y un tablero con el producto ya terminado.

El peso del producto es = 6,48 Kg

El peso del tablero con producto = 57,14Kg.

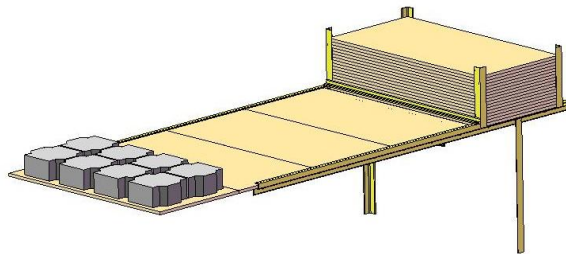


Fig. 60 Sistema de alimentación de tableros

Peso de cada tablero = 5,3 Kg

Se acumularán 30 tableros para la alimentación a la máquina, luego:

$$P_T = 30 * 5,3 \text{ Kg} = 159 \text{ Kg}$$

$$N = 159 \text{ Kg}$$

$$F_R = \mu * N$$

Ec. 3-80

donde:

$$\mu = 0,7 \text{ (acero-madera)}$$

$$\mu = 0,5 \text{ (madera-madera)}$$

$$F_{R1} = 159 * 0,7 + (29 * 5,3) * 0,5$$

$$F_{R1} = 188,15 \text{ Kg}$$

Además de esto el cilindro debe ejercer una fuerza para empujar 4 tableros que están en fila, dos que se encuentran vacíos, y dos que están con el producto (adoquines o bloques).

$$\text{Peso adoquin} = 6,48 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso total} = 6,48 \text{ Kg} * 8 = 51,84 \text{ Kg}$$

$$F_{R2} = [(51,84 \text{ Kg} * 2) + (5,3 \text{ Kg} * 4)] * 0,7$$

$$F_{R2} = 118,52 \text{ Kg}$$

Fuerza total:

$$F_{RT} = (188,15 + 118,52)Kg$$

$$F_{RT} = 236,67Kg$$

Esta es la fuerza que debe vencer el cilindro hidráulico en el sistema de alimentación de tableros.

3.13 CÁLCULO DE LA CHAVETA Y CHAVETERO PARA LAS POLEAS DE MEZCLADORA

Fuerza de corte:

$$P = 12 \text{ HP} = 912,6 \text{ Kg}^m/s$$

$$n_3 = 614,04 \text{ rev}/\text{min} = 64,3 \text{ rad}/\text{seg}$$

$$P = T * n_3 \quad \text{Ec. 3-81}$$

$$P = p * r_{eje} * w$$

$$p = \frac{912,6 \text{ Kg}^m.s}{0.0225 \text{ m.s} * 64,3 \text{ rad}} = 630,79 \text{ Kg}$$

Análisis de la chaveta a corte

$$\tau = \frac{p}{Ac} \quad \text{Ec. 3-82}$$

$$\tau = \frac{630,79 \text{ Kg}}{(10 \text{ mm}).L1} \leq [\tau]$$

Material para la chaveta.

$$A36 \text{ Sy} = 36 \text{ Kpsi} = 25.31 \text{ Kg}/\text{mm}^2$$

$$\tau_{adm} = 0.5 \text{ Sy}_{chaveta} = 12.66 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

L1 = 4,98 mm. Con una longitud de chaveta de 5 cm, será suficiente.

Análisis del chavetero a aplastamiento

$$\sigma_{aplas} = \frac{p}{b1 * L2} \leq [\sigma_{aplas}] \quad \text{Ec. 3-83}$$

Para un material AISI 1020 del eje para las poleas cuyas propiedades son:

$$\text{Sy} = 2950 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$[\sigma_{aplas}] = 0.9 \text{ Sy} = 22.8 \text{ Kg} / \text{mm}^2 \quad \text{Ec. 3-84}$$

De la ecuación 3-83 se tiene:

$$L2 \geq \frac{630,79 \text{ Kg} \cdot \text{mm}^2}{2.5 \text{ mm} (22.8) \text{ Kg}} \geq 11,06 \text{ mm}$$

En conclusión; con una longitud de 12cm no falla la chaveta ni el chavetero.

De igual forma se realiza el cálculo para las demás chavetas y chaveteros utilizados en la máquina y cuyas dimensiones se determinan en la siguiente tabla VI y cuyos parámetros se presentan en la fig. 61:

TABLA VI. Dimensiones de chavetas y chaveteros

Descripción	ø eje (mm)	b (mm)	L (mm)	t (mm)	h (mm)
Eje para poleas de mezcladora	44,45	14		6	9
Eje para tambores enrolladores de cable	50,8	16		7	10
Eje para poleas de vibración	44,45	14		6	9

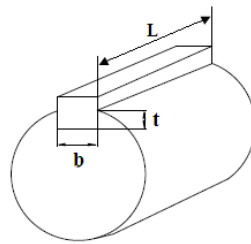
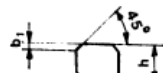
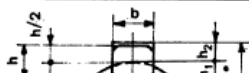



Fig. 61 Representación de medidas de una chaveta

TABLA VII. Selección de Chaveta [20]

Pasadores y chavetas		CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL						TABLA 18 . 13			
										(De UNE 17.102 h1)	
Dimensiones en mm.											
CHAVETA											
Sección $b \times h$		Ancho b		Altura h		Chafilán b_1		Longitud l			
Nominal		Toler. h9		Nominal		Toler. h9 y h11		Mínima		Máximo	
De...		...a		De...		...a		De...		...a	

3.14 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS [21]

Selección de los rodamientos del carro transportador de mezcla.

$$d = 3,5 \text{ cm}$$

$$N_3 = 30 \text{ rpm}$$

$$R_{Dz} = 350 \text{ Kg} * u$$

Donde $u = 0,1$ Para acero-acero lubricado.

$$R_{Dz} = 35 \text{ Kg}$$

$$F_r = \sqrt{R_{Dy}^2 + R_{Dz}^2} \quad \text{Ec. 3-85}$$

$$F_r = \sqrt{(350 \text{ Kg})^2 + (35 \text{ Kg})^2} = 351,74 \text{ Kg} = 3,45 \text{ KN}$$

Carga radial equivalente:

$$F_a = 0$$

$$P_0 = X_0.F_r + Y_0.F_a \quad \text{Ec. 3-86}$$

$$X_0 = 1$$

$$P_0 = F_r$$

Capacidad básica de carga

$$C_R = \frac{f_L}{f_n \cdot f_H} \cdot F_r \quad \text{Ec. 3-87}$$

Del catálogo de rodamientos de la SKF se tiene:

$$f_L = 2,71 \text{ para } 10000 \text{ h, como vida suficiente.}$$

$$f_n = 1.03 \text{ para } 30 \text{ min}^{-1}$$

$$f_H = 1$$

$$f_S = 1.5 \text{ para exigencias elevadas}$$

Remplazando en la ecuación 3-87 se tiene:

$$C_R = 9,07 \text{ KN} \quad \text{Carga dinámica requerida.}$$

$$C_0 = f_S * P_0 = f_S * F_r \quad \text{Carga estática requerida.} \quad \text{Ec. 3-88}$$

$$C_0 = 5,175 \text{ KN}$$

Se selecciona un rodamiento de bolas código **6007** cuyas características son:

$$d = 35 \text{ mm}$$

$$C = 12,5 \text{ KN}$$

$$C_0 = 8,65 \text{ KN}$$

Vida real del rodamiento

$$12,5 \text{ KN} = \frac{f_L}{1,03 * 1} * 3,45 \text{ KN}$$

$$f_L = 3,73$$

f_L Corresponde a 26000 horas que es > a 10000 horas.

En conclusión hay que cambiar los rodamientos aproximadamente cada 9 años.

Chequeo a carga estática.

$$C_{0 \text{ req}} = 5,175 \text{ KN}$$

$$C_{0 \text{ tab}} = 8,75 \text{ KN}$$

$$C_{0 \text{ req}} < C_{0 \text{ tab}}$$

En la tabla IX y X se muestra la selección de los rodamientos radiales para ruedas de elevador de cangilones (RC) y para ruedas de carro transportador de mezcla (RTM). De igual forma se realiza la selección de chumaceras para la mezcladora (RPM), eje para tambores enrolladoras de cable del elevador (RTJ), eje para mecanismo de sincronización de desmolde (RSD), y ejes para vibración (RV).

TABLA IX. Propiedades de rodamientos SKF

EJE	Designación	Cant.	Di / De (mm)	Capacidad de carga (KN)		Velocidad límite (rpm)	Carga límite de fatiga KN
				Dinámica C	Estática Co		
RC	98205	8	25/ 52	10,6	6,55	18000	0,28
RTM	607	4	30/ 72	12,5	8,65	13000	0,67

TABLA X. Propiedades de chumaceras SKF

EJE	Descripción	Cant.	Diam. Eje (in)	Capacidad de carga (KN)		Velocidad límite (rpm)	Soporte
				Dinámica C	Estática Co		
RSD	YAT-206-104	2	1 ¼	19,5	11,2	6300	SYH-506-U
RPM	YAR-209-108-2F	4	1 ½	33,2	21,6	4300	SYM-509-U
RV	YAT-209-112	4	1 ¾	33,2	21,6	4300	SY-509-U
RTJ	YAR-211-200-2RF	2	2	43,6	29	1900	SY-511-M

3.15 CÁLCULO ESTRUCTURAL

El diseño estructural es indispensable ya que al final es la estructura de la máquina la que soportará las cargas de los elementos mecánicos, hidráulicos y eléctricos.

Debido a esto se necesitan estructuras estables y rígidas, y que además soporten todas las fuerzas y reacciones que serán producidas por las actividades que se realizarán en todos los procesos.

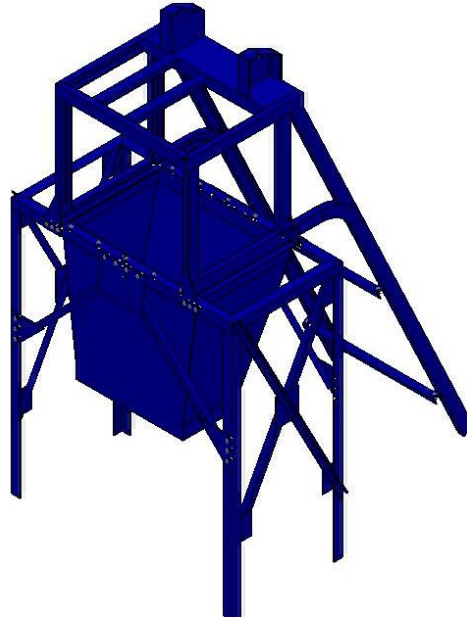


Fig. 62 Estructura del elevador

3.15.1 Verificación de la tolva

Para un pre diseño de la tolva la carga actuante es el efecto del peso que ejerce el concreto sobre las paredes de la tolva.

El análisis se realiza en el software SAP 2000.

El parámetro principal requerido para el programa es la presión activa lateral ejercida sobre las paredes de la tolva por el peso del concreto [2].

De la ecuación 3.4 se obtiene la presión activa lateral.

$$\rho_{\text{concreto}} = 2,32 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

$$k_a \begin{cases} \beta = 30 \\ \varphi = 35^\circ \\ \alpha = 5^\circ \end{cases} \quad \text{Tabla 7.14 (Anexo A1). [2]}$$

$$k_a = 0,56$$

$$h = 96 \text{ cm}$$

$$p = 0,56 * 2,32 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} * 96 \text{ cm}$$

$$p = 0,124 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Con el valor de la presión se encuentran los valores de los índices C y D

$$p = Cz + D$$

$$z = 12\text{cm} \quad p = 0,124$$

$$z = 108\text{cm} \quad p = 0$$

$$\begin{cases} 0,124 = 2C + D \\ 0 = 108C + D \end{cases}$$

$$C = -1,292 \times 10^{-3} \quad D = 0,1395$$

Si se decide utilizar una chapa de 2mm de espesor para la construcción de la tolva y con los valores de C y D, se analiza en el software obteniéndose un elemento con esfuerzos como los de la figura 63.

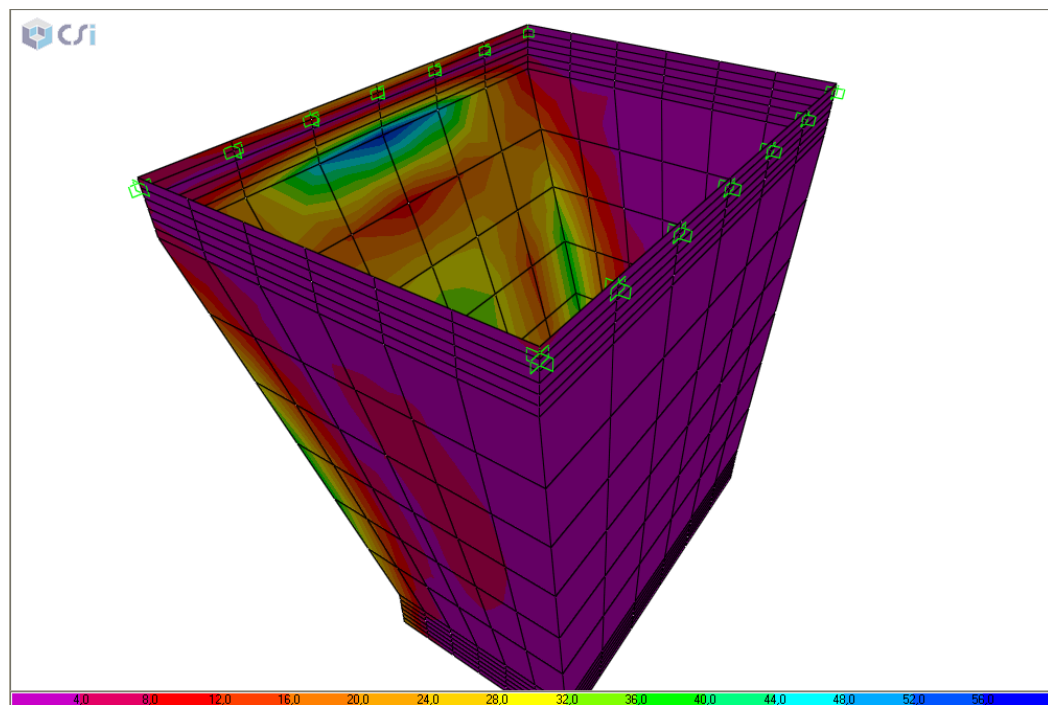


Fig. 63 Efecto de la presión ejercida en las paredes

En la figura 63 se puede apreciar el efecto que produce el peso de la mezcla en las paredes de la tolva. Los esfuerzos producidos no sobrepasan el límite de fluencia del acero ASTM A36, por lo tanto este material es adecuado para la construcción del mismo.

3.13.2 Verificación de la estructura del elevador

Para la verificación de la estructura del elevador se han introducido como carga viva el valor de las reacciones producidas por el motor, por la tolva, por las chumaceras del eje del elevador y por el cangilón.

En la fig. 64 (SVM) se aprecia los elementos shells de color lila, estos actúan como refuerzos de la estructura, y son elementos contruidos con chapa de 6mm.

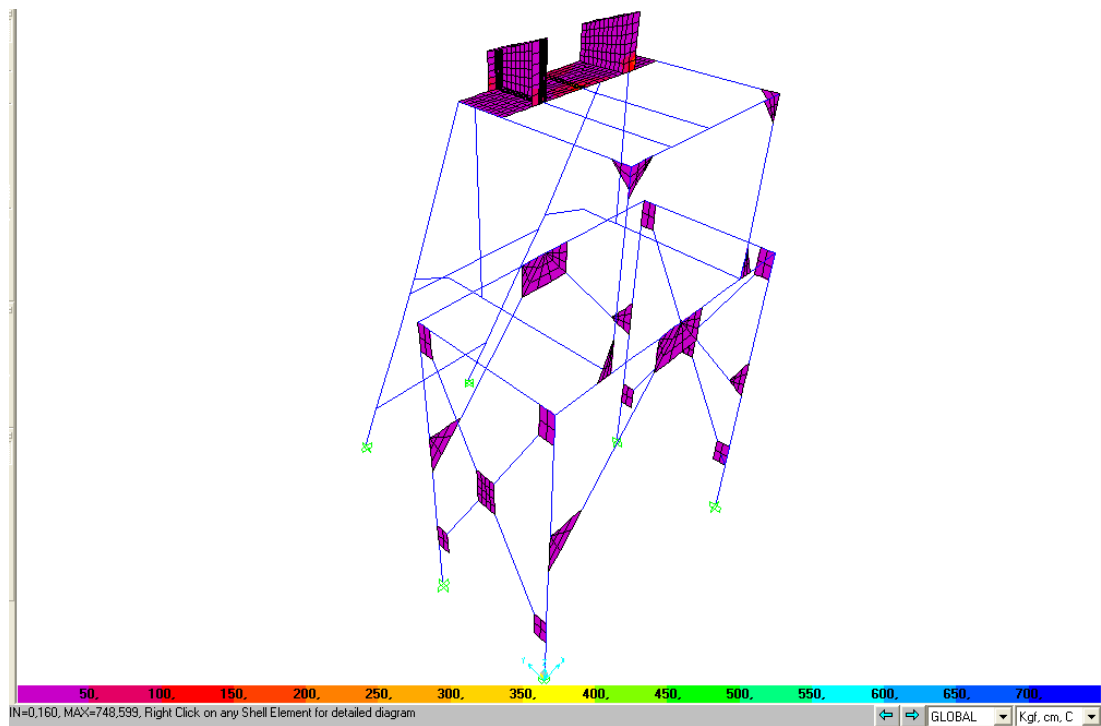


Fig. 64 Estructura principal del elevador

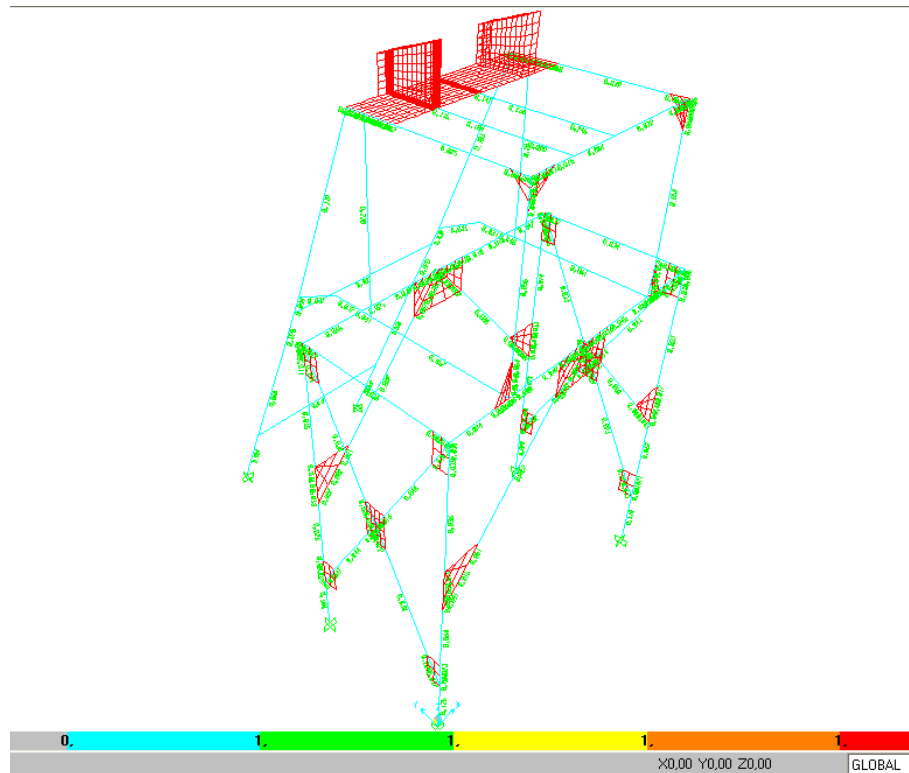


Fig. 65 Deformaciones unitarias

En la fig. 65 de deformaciones unitarias se observa que los elementos constitutivos de la estructura se encuentran en color celeste, siendo la mayor razón de esfuerzo de 0,27 con lo que se puede concluir que es un diseño adecuado.

CAPÍTULO IV

4. SISTEMA HIDRÁULICO

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

4.1.1 Esquema y descripción del sistema hidráulico

En la figura 66, se muestra el esquema del circuito hidráulico, el mismo que ha sido seleccionado por su sencillez y cumple con la secuencia de operación necesaria, el circuito se compone de los siguientes elementos:

- C. Cilindro de compresión.
- D. Cilindros de desmoldeo.
- M. Cilindro de alimentación de mezcla.
- T. Cilindro de alimentación de tableros.
- 1. Reservorio.
- 2. Filtro.
- 3. Bomba hidráulica.
- 4. Motor eléctrico.
- 5. Válvula de máxima presión o alivio (relief).
- 6. Manómetro.
- 7. Válvula reguladora de caudal.
- 8. Electroválvula direccional 4x3
- 9. Electroválvula direccional 4x3
- 10. Electroválvula direccional 4x2
- 11. Electroválvula direccional 4x2
- 12. Electroválvula direccional 2x2

El fluido hidráulico es almacenado en el reservorio (1), y limpiado en el filtro (2) cuando es succionado por la bomba. El caudal necesario para accionar los actuadores (cilindros) lo suministra el grupo motor-bomba (3-4). La protección del grupo se tiene con la válvula de máxima presión (5), la misma que descarga al reservorio el fluido cuando la presión sobrepasa el valor límite fijado de antemano, el mismo que puede leerse en el manómetro (6).

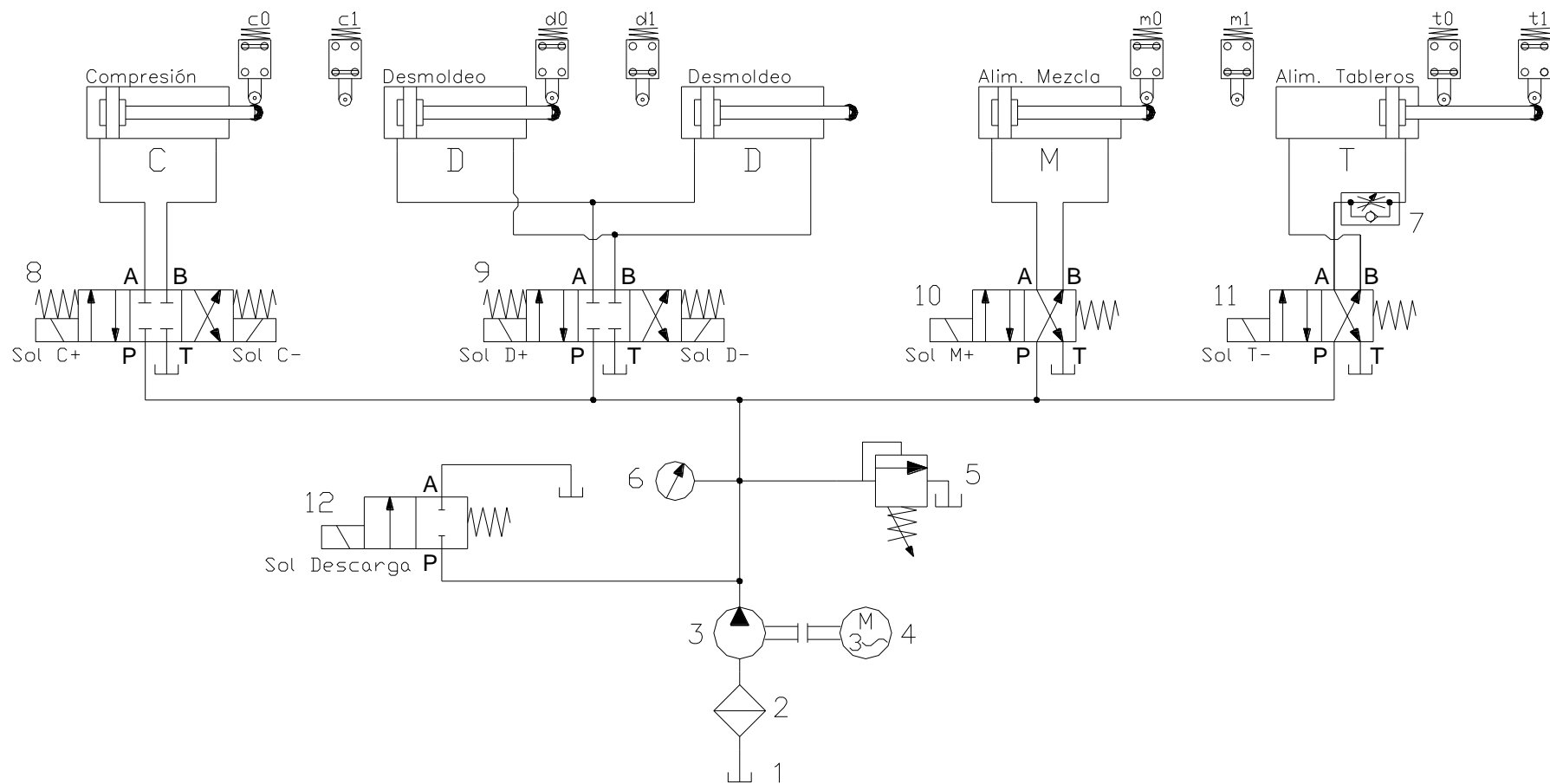


Fig. 66 Diagrama del sistema hidráulico

El accionamiento de los vástagos de los cilindros (C, D, M y T), en uno u otro sentido lo controla las electroválvulas direccionales (8, 9, 10 y 11) respectivamente. El accionamiento de la electroválvula de descarga (12) permite el paso directo del fluido desde la bomba al reservorio cuando no esté en funcionamiento los cilindros, de esta forma se evita el consumo inútil de energía y el calor generado en los tiempos muertos pues el fluido (bomba), al alcanzar la presión de taratura del relief, se descarga a través de este hacia el reservorio. La válvula reguladora de caudal (7) permite regular la velocidad al retorno del vástago del cilindro (T)

El cilindro (C) acciona el apisonador que comprime la mezcla en el molde, los cilindros (D) accionan el sistema de desmoldeo a través de brazos o eslabones conectados al molde, el cilindro (M) activa el cajón de alimentación de la mezcla y el cilindro (T) alimenta los tableros, a la vez que se encarga de expulsar los tableros con los prefabricados fuera de la máquina.

Las electroválvulas (8 y 9) son de cuatro vías y tres posiciones, estas se utilizan en los cilindros que accionan el apisonador y el molde, su desplazamiento es vertical y para el bloqueo de las líneas cuando sea necesaria su posición central es bloqueada.

Las electroválvulas (10 y 11) son de cuatro vías y dos posiciones y son monoestables. La última electroválvula es de dos posiciones y dos vías y también es monoestable.

Por último la central hidráulica se compone además de un filtro de descarga y un manifold de 5 estaciones.

El funcionamiento del sistema se describe en el numeral 5.1.3

4.1.2 Selección de cilindros

Las fuerzas a vencer por los cilindros fueron calculadas en los literales 3.8; 3.10; 3.11 y 3.12 y se las presenta en la tabla XI:

TABLA XI. Fuerzas requeridas para cada proceso

	Fuerzas (Kg)
Cilindro de Compresión	3700
Cilindros de Desmoldeo	1600
	1600
Cilindro de Alim. Mezcla	1260
Cilindro de Alim. Tableros	300

Para la selección de los actuadores hidráulicos se impone una presión de trabajo en el sistema de 2000 psi o 140 bares, la presión del sistema es tarada en el relief y se la podrá apreciar en el manómetro colocado junto a él.

4.1.2.1 Cálculo del diámetro requerido en los cilindros

Se sabe que la fuerza de compresión es de 3700 Kg. Si se asume una pérdida de presión del 10%, la presión final que actúa en el cilindro de compresión es de 1800 psi. Con estos valores se procede a encontrar el valor del diámetro:

$$F_c = p_s * A = 3700 \text{ kg} \quad \text{Ec. 4-1}$$

Como:

$$p_s = 1800 \text{ psi} = 126,55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{F_c}{p_s} = \frac{3700 \text{ Kg}}{126,55 \text{ Kg/cm}^2} = 29,24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Puesto que } A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad \text{Ec. 4-2}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 29,24 \text{ cm}^2}{\pi}} = 6,1 \text{ cm}$$

El proceso de cálculo para el resto de diámetros de los cilindros es el mismo, y los resultados se resumen en la tabla XII:

TABLA XII. Diámetros requeridos

	Fuerza Kg	Área cm ²	Diámetro Cm
Cilindro de Compresión	3700	29,24	6,10
Cilindros de Desmoldeo	1600	12,65	4,01
	1600	12,65	4,01
Cilindro de Alim. Mezcla	1260	9,96	3,56
Cilindro de Alim. Tableros	300	2,37	1,74

4.1.2.2 Selección de cilindro de compresión

Del catálogo de Kompass de cilindros hidráulicos (Anexo B6) para una presión de trabajo de $126,5 \text{ Kg/cm}^2$ y según los diámetros requeridos de los cilindros que se observan en la tabla

XII, se escoge los cilindros de doble efecto cuyas características se puede observar en la tabla XIII:

TABLA XIII. Características de cilindros hidráulicos seleccionados.

	Cilindro de Compresión	Cilindros de Desmoldeo	Cilindro de Alim. Mezcla	Cilindro de Alim. Tableros
Código	FA-B-73D-63-R35-S450-210K	CA-B-50D-40-R25-S300-140K	LB-B-50D-40-R25-S700-140K	LB-B-50D-40-R25-S600-140K
Presión de operación	210 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²
Configuración de montaje	FA	CA	LB	LB
Diámetro exterior de la camisa	73 mm	50 mm	50 mm	50 mm
Diámetro interior de la camisa	63 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Diámetro del vástago	35 mm	25 mm	25 mm	25 mm
Carrera	450 mm	300 mm	700 mm	600 mm

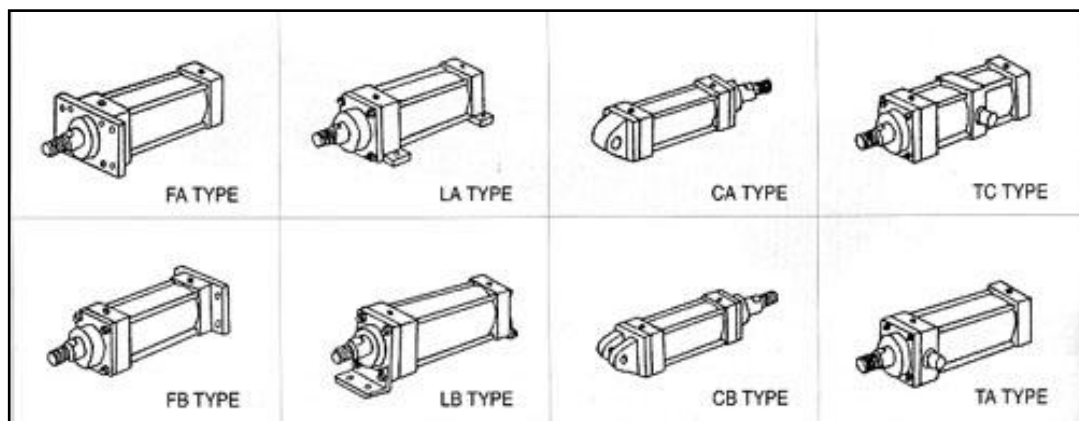


Fig. 67 Configuración de montaje

4.1.3 Cálculo de caudales para un ciclo de movimientos

Con las medidas de los cilindros hidráulicos detallados en la tabla XIII, el caudal requerido para la salida del vástago del cilindro de compresión es:

$$Q_s = \frac{x}{t_s} * A_s$$

Ec. 4-3

donde:

Q_s = caudal requerido

x = carrera = 45 cm

t_s = tiempo de salida = 5,5 segundos

A_s = área de trabajo a la salida del vástago

Entonces:

$$Q_s = \frac{45 \text{ cm}}{5,5 \text{ s}} * \frac{\pi}{4} (6,3 \text{ cm})^2 = 255,05 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

El caudal requerido para el retorno del vástago del cilindro de compresión es:

$$Q_r = \frac{45 \text{ cm}}{5 \text{ s}} * \frac{\pi}{4} (6,3^2 - 3,5^2) \text{ cm}^2 = 193,96 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Esta forma de cálculo se repite para el resto de cilindros y los resultados se lo puede observar en la tabla XIV.

TABLA XIV. Caudal requerido para los cilindros

Cilindros	Diámetro mm	D Vástago mm	Carrera mm	Tiempo S Seg.	Tiempo R Seg.	Caudal S cm ³ /s	Caudal R cm ³ /s
Compresión	63	35	450	5,5	5	255,05	193,96
Desmolde	40	25	300	4	4	94,25	57,43
	40	25	300	4	4	94,25	57,43
Alim. Mezcla	40	25	700	5	5	175,93	107,21
Alim. Tableros	40	25	600	5	4	150,80	114,86

4.1.4 Selección del relief principal

Con la presión del sistema es de 2000 psi ó 142,76 Kg/cm^2 , y un caudal máximo erogado

por la bomba de $4,2 \frac{\text{gal}}{\text{min}} = 15,9 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$. En el catálogo de Kompass (Anexo B7) se tiene una válvula de máxima **BHT-04H** y cuyas características son:

$$Q_{\text{Funcionamiento}} = 400 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

$$p_{\text{máx operaci ón}} = 250 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

T: Conexión por rosca

04: Tamaño

H: Rango de ajuste de presión $70 - 250 \text{ Kg/cm}^2$

$\Delta p = 2$ bares.

4.1.5 Selección de electroválvulas

El caudal para la selección de las electroválvulas es el erogado por la bomba $Q = 4,2 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$.

Para la selección de las electroválvulas en los procesos de compresión y desmolde se requiere la carrera regulable al inicio y al final que depende del alto del producto, además trabajan verticalmente por lo que se necesita eliminar la libertad de movimiento por gravedad. Por las razones antes señaladas lo aconsejable son distribuidores 4X3 con la posición central en no enlace (bloqueado).

Del catalogo de Kompass (Anexo B2) se tienen válvulas **D5-02-3C2-A16-B**, cuyas características son:

$$Q_{\text{Funcionamiento}} = 10,6 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$p_{\text{max}} (\text{Puertos: P, A, B}) = 315 \text{ Kg/cm}^2$$

D5: Tipo de conexión de enchufe

02: Tamaño

3: 3 posiciones centrado a muelle

C2: 4 vías posición central bloqueada

A1: AC 110V

6: 60 HZ

Caída de presión:

$$\text{Vías P-A} \quad \Delta p = 1,2 \text{ bar}$$

$$\text{Vías B-T} \quad \Delta p = 1,2 \text{ bar}$$

$$\Delta p = 2,4 \text{ bar}$$

Para la selección de las electroválvulas en los procesos de alimentación de tableros y alimentación de mezcla se requiere la carrera regulable solo al final, los cilindros controlados no necesitan carreras intermedias.

Por las razones antes señaladas lo aconsejable son distribuidores 4X2.

Del catalogo de Kompass (Anexo B2) se tienen válvulas **D5-02-2B2-A16-B**, cuyas características son:

$$Q_{\text{Funcionamiento}} = 10,6 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$p_{\text{max}} \text{ (Puertos: P, A, B)} = 315 \text{ Kg/cm}^2$$

2: 2 Posiciones con retorno a muelle

B2: 4 vías

Caída de presión:

$$\text{Vías P-A} \quad \Delta p = 0,7 \text{ bar}$$

$$\text{Vías B-T} \quad \Delta p = 0,7 \text{ bar}$$

$$\Delta p = 1,4 \text{ bar}$$

Para la selección de la electroválvula que descarga el aceite directo al reservorio cuando ningún cilindro actúa lo aconsejable es un distribuidor 4X2.

Del catalogo de Kompass (Anexo B2) se tienen válvulas **D5-02-2B8-A16-L**, cuyas características son:

$$Q_{\text{Funcionamiento}} = 10,6 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$p_{\text{max}} \text{ (Puertos: P, A, B)} = 315 \text{ Kg/cm}^2$$

B8: 2 vías

Caída de presión:

$$\text{Vía P-A} \quad \Delta p = 0,8 \text{ bar}$$

4.1.6 Selección de regulador de caudal

Del catalogo de Kompass (Anexo B8) se tienen válvulas **TVC-03**, cuyas características son:

$$Q_{\text{máx}} = 5,3 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$p_{\text{max}} = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta p = 0,8 \text{ bar}$$

4.1.7 Selección de la tubería

Para las conexiones entre la central hidráulica y los cilindros se utiliza una tubería flexible de presión con un diámetro interior de 0,5 in.

Según la ecuación de continuidad $Q = A * v$

$$V = \frac{4*Q}{\pi*d_{tubería}^2} \quad \text{Ec. 4-4}$$

donde:

$$Q = 4,2 \frac{gal}{min} = 16,17 \frac{in^3}{s}$$

d_t = diámetro interior de la tubería (in) = 0,5 in

v = velocidad del fluido = $82,35 \frac{in}{s}$

Las pérdidas de presión en la tubería dependen de si el régimen de las partículas líquidas es laminar o turbulento, el tipo de régimen se caracteriza por el número de Reynolds que viene dado por la siguiente ecuación [17]:

$$Re = \frac{v*d_t*\rho}{\mu} \quad \text{Ec. 4-5}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

d_t = Diámetro interior de la tubería (in) = 0,5 in

v = Velocidad del fluido = $82,35 \frac{in}{s}$

ρ = Densidad del fluido a 15°C = $0,88 \frac{Kg}{lt} = 0,032 \frac{lb}{in^3}$ (Anexos)

μ = Viscosidad dinámica del fluido = $0,011 \frac{lb}{in * s}$ (Anexos)

Remplazando en la ecuación 4-5 se tiene:

$$Re = 119,78$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000, la selección de la tubería para el sistema hidráulico es la correcta y se tiene un flujo laminar.

Para este tipo de régimen se recomienda tomar una pérdida igual a $0,06 \frac{Bar}{m}$ de tubería, por lo tanto se tiene:

$$\text{Pérdidas en la tubería} = 0,06 \frac{bar}{m} * 20 m = 1,2 \text{ bares}$$

4.1.8 Selección de la bomba.

Para la selección de la bomba se encuentra el caudal máximo requerido por los actuadores hidráulicos en un ciclo de trabajo, para esto se grafica la secuencia de movimientos como en la figura 68.

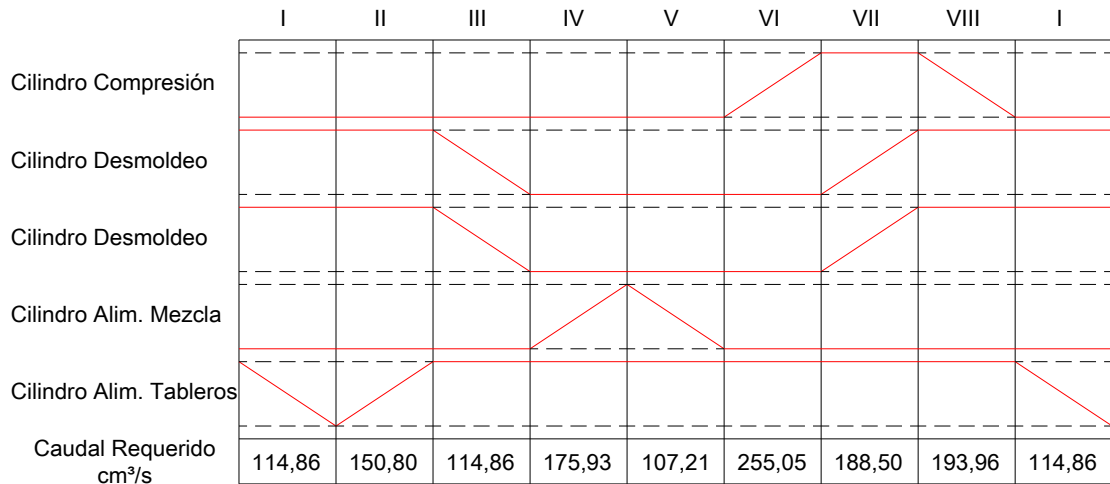


Fig. 68 Secuencia de movimientos

En la figura 68 se observa que los cilindros de desmoldeo trabajan simultáneamente pero la suma de los caudales para estos es mucho menor que el caudal de salida del cilindro de compresión, por lo que el caudal máximo efectivo es:

$$Q_{Ef} = 255,05 \frac{cm^3}{s} = 15302,8 \frac{cm^3}{min}$$

Como:

$$Q_t = \frac{Q_{Ef}}{\eta_v} \quad \text{Ec. 4-6}$$

donde:

Q_t = Caudal teórico

η_v = Eficiencia volumétrica = 0,95

luego:

$$Q_t = 16108,21 \frac{cm^3}{min}$$

La bomba se acopla a un motor cuyo velocidad angular es N= 1740 rpm.

$$C = \frac{Q}{N} = \frac{16108,21 \frac{cm^3}{min}}{1740 \text{ rpm}} \quad \text{Ec. 4-7}$$

$$\text{Cilindrada} = 9,25 \text{ cm}^3/\text{rev} = 9,25 \text{ ml}/\text{rev}$$

La presión total para seleccionar la bomba es la suma de la presión de trabajo más la presión de pérdidas:

$$p_{\text{bomba}} = p_{\text{trabajo}} + p_{\text{pérdidas}} \quad \text{Ec. 4-8}$$

donde:

$$p_{\text{trabajo}} = 140 \text{ bares}$$

$$p_{\text{pérdidas}} = \text{Pérdidas en tubería} + \text{relief} + \text{filtro} + \text{electroválvulas} + \text{reguladora de caudal.}$$

Reemplazando en la ecuación 4-8 se tiene:

$$p_{\text{bomba}} = 140 + 1,2 + 2 + 0,6 + 4,6 + 0,8$$

$$p_{\text{bomba}} = 149,2 \text{ bares} \cong 152,14 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

Para una presión de $152,14 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y una cilindrada de $9,25 \text{ ml}/\text{rev}$. Del catalogo de

Kompass (Anexo B1) se selecciona la siguiente bomba: **PI09RU01GT** y cuyas características son:

$$p_{\text{max}} = 250 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$p_{\text{operacion}} = 210 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$\text{Cilindrada} = 9,1 \text{ ml}/\text{rev}$$

$$\text{Rango de velocidad} = 600 - 4000 \text{ rpm}$$

$$\text{Sentido de rotación} = \text{horario}$$

$$\text{Puertos de conexión} = \text{UNF (rosca fina)}$$

4.1.9 Verificación de presión y tiempo de salida de los cilindros.

TABLA XV. Verificación.

	Fuerza Kg	Diámetro mm	D Vástago mm	Carrera mm	Presión Psi	Tiempo Seg.
Compresión	3700	63	35	450	1688,5	5,3
Desmolde	1500	40	25	300	1698,1	1,4
	1500	40	25	300	1698,1	1,4
Mezcla	1260	40	25	700	1426,4	3,3
Tableros	300	40	25	600	557,3	1,7

En la verificación de los valores se puede observar que la presión necesaria máxima para el trabajo es de 1700 psi en el caso del desmolde, y el tiempo de salida del cilindro de alimentación de tableros es de 1,7 seg por lo que se debe regular el caudal a 10 l/min con lo que se obtiene un tiempo de 2,5 segundos.

4.1.10 Elementos constitutivos del sistema hidráulico

De todo el proceso de selección de elementos y accesorios para el sistema hidráulico, se puede obtener un resumen de las partes que se muestran en la tabla XVI.

TABLA XVI. Tabla de Actuadores, accesorios y demás elementos para el sistema.

No	Cant.	Designación	Código
1	1	Bomba	P109RU01GT
2	1	Cilindro de doble efecto (C)	FA-B-73D-63-R35-S450-210K
3	2	Cilindro de doble efecto (D)	CA-B-50D-40-R25-S300-140K
4	1	Cilindro de doble efecto (M)	LB-B-50D-40-R25-S700-140K
5	1	Cilindro de doble efecto (T)	LB-B-50D-40-R25-S600-140K
6	2	Electroválvula 4X3	D5-02-3C2-A16-B
7	2	Electroválvula 4X2	D5-02-2B2-A16-B
8	1	Electroválvula 2X2	D5-02-2B8-A16-L
9	1	Relief	BHT-04H
10	1	Regulador de caudal	TVC-03
11	1	Filtro de succión	MF-05
12	1	Filtro de retorno	FPC-08-P-A-1
13	1	Indicador de nivel con termómetro	LS-5
14	1	Manómetro de glicerina	FTB-63-350-A2-T-03
15	1	Acople motor-bomba	FHP- 65- 10 VE-10-PE
16	1	Tapón	TOYO-50A-SR
17	20	(Metros) Tubería	Diámetro Interno = 0.5 in

4.1.11 Selección del motor eléctrico

El motor eléctrico debe tener una velocidad de 1740 rpm como se había asumido anteriormente.

Para encontrar la potencia necesaria del motor eléctrico, se calcula la potencia hidráulica requerida por el sistema hidráulico:

$$P_H = \frac{p \cdot Q}{612} \quad \text{Ec. 4-9}$$

donde:

P_H = Potencia hidráulica en Kw

p = Presión de trabajo = 143 Kg/cm^2

Q = Caudal requerido = $4,2 \text{ GPM} = 15,9 \text{ l/min}$

Remplazando en la ecuación 4-9 se tiene:

$$P_H = \frac{152,14 * 15,9}{612}$$

$$P_H = 3,7 \text{ Kw} \cong 4,9 \text{ HP}$$

$$P_{\text{eje}} = \frac{P_H}{\eta_b}$$

Ec. 4-10

donde:

η_b = eficiencia de la bomba = $\eta_v * \eta_m$

η_v = eficiencia volumétrica = 0,95 ; η_m = eficiencia mecánica = 0,95

Reemplazando en la ecuación 4-10 se tiene:

$$P_{\text{eje}} = \frac{4,9}{0,95 * 0,95} = 5,4 \text{ HP}$$

$$P_{\text{motor eléctrico}} = \frac{P_{\text{eje}}}{\eta_{\text{motor eléctrico}}}$$

Ec. 4-11

donde:

$$\eta_{\text{motor eléctrico}} = 85 \%$$

por lo tanto:

$$P_{\text{motor eléctrico}} = \frac{5,4}{0,85} = 6,3 \text{ Hp}$$

En el catálogo de SIEMENS se selecciona un motor eléctrico trifásico de 4 polos con una potencia de 6.6 Hp, con el rotor en jaula de ardilla y es 1LA7 113 - 4YA60

4.1.12 Cálculo del calor producido

El calor total producido es igual a la suma de todos los calores que generan las pérdidas en los elementos del sistema hidráulico y se expresa:

$$H_T = \sum H_i$$

Ec. 4-12

donde:

H_i = Calor generado de cada uno de los componentes del sistema hidráulico.

El calor generado por la bomba se lo puede expresar como [17]:

$$H_B = \frac{Q \cdot p}{458} \left[\frac{1}{\eta_p} - 1 \right] * X \quad \text{Ec. 4-13}$$

donde:

Q = Caudal máximo = $15,8 \text{ l/min}$

p = Presión de trabajo = $15,8 \text{ Kg/cm}^2$

X = Factor de utilización en función del tiempo del ciclo = 1

$\eta_p = \eta_m * \eta_v = 0,95 * 0,95$

Reemplazando en la ecuación 4-13 se tiene:

$$H_B = 15,84 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 140,6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * \frac{1}{458} * \left[\frac{1}{0,95 * 0,95} - 1 \right] * 1$$

$$H_B = 0,51 \text{ cv}$$

El calor generado por el relief se lo puede expresar como [17]:

$$H_R = \frac{Q \cdot \Delta p}{458} \left[\frac{1}{\eta_p} \right] * X \quad \text{Ec. 4-14}$$

donde:

Δp = Caída de presión en el elemento

Reemplazando en la ecuación 4-14 se tiene:

$$H_R = 15,84 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 2,04 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * \frac{1}{458} \left[\frac{1}{0,9} \right] * \frac{1}{8}$$

$$H_R = 9,89 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor generado por los cilindros se lo puede expresar como [17]:

$$H_C = \frac{Q \cdot p}{458} \left[\frac{1}{\eta_c} - 1 \right] * X \quad \text{Ec. 4-15}$$

η_c = Eficiencia de los cilindros hidráulicos = 90%.

Reemplazando en la ecuación 4.15 se tiene el calor del cilindro de compresión:

$$H_{Cc} = 15,84 \frac{l}{min} * 140,6 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \left[\frac{1}{0,9} - 1 \right] * \frac{1}{3}$$

$$H_{Cc} = 0,18 \text{ cv}$$

El calor generado por las electroválvulas, regulador de caudal y filtro se lo puede expresar como [17]:

$$H = \frac{Q * \Delta p}{458} * X \quad \text{Ec. 4-16}$$

Reemplazando en la ecuación 4.16 se tiene el calor de la electroválvula 4X3 del cilindro de compresión:

$$H_{Ec} = 15,84 \frac{l}{min} * 2,44 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{3}$$

$$H_{Ec} = 0,03 \text{ cv}$$

El calor generado del cilindro de desmoldeo es:

$$H_{Cd} = 2 * \left(7,92 \frac{l}{min} * 140,6 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \left[\frac{1}{0,9} - 1 \right] * \frac{1}{4} \right)$$

$$H_{Cd} = 0,13 \text{ cv}$$

El calor de pérdidas de la electroválvula 4X3 del cilindro de desmoldeo es:

$$H_{Ed} = 15,84 \frac{l}{min} * 2,44 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{4}$$

$$H_{Ed} = 0,02 \text{ cv}$$

El calor generado del cilindro de alimentación de mezcla es:

$$H_{Cm} = 15,84 \frac{l}{min} * 142,76 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \left[\frac{1}{0,9} - 1 \right] * \frac{1}{5}$$

$$H_{Cm} = 0,11 \text{ cv}$$

El calor de pérdidas de la electroválvula 4X2 del cilindro de alimentación de mezcla es:

$$H_{Em} = 15,84 \frac{l}{min} * 1,43 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{5}$$

$$H_{Em} = 9,89 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor generado del cilindro de alimentación de tableros es:

$$H_{Ct} = 10 \frac{l}{min} * 142,76 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \left[\frac{1}{0,9} - 1 \right] * \frac{1}{5}$$

$$H_{Ct} = 0,07 \text{ cv}$$

El calor de pérdidas de la electroválvula 4X2 del cilindro de alimentación de tableros es:

$$H_{Et} = 10 \frac{l}{min} * 1,43 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{5}$$

$$H_{Et} = 6,24 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor en el regulador de caudales es:

$$H_{rc} = 10 \frac{l}{min} * 0,82 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{5}$$

$$H_{rc} = 3,58 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor de pérdidas de la electroválvula 2X2 es:

$$H_{Ev} = 15,84 \frac{l}{min} * 0,82 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * \frac{1}{8}$$

$$H_{Ev} = 3,54 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor en el filtro es:

$$H_F = 15,84 \frac{l}{min} * 0,7 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{1}{458} * 1$$

$$H_F = 0,02 \text{ cv}$$

Con todos los valores de calor encontrados de cada uno de los elementos, al reemplazar en la ecuación 4-12 se tiene:

$$H_T = (0,51 + 9,89 \times 10^{-3} + 0,18 + 0,03 + 0,13 + 0,02 + 0,11 + 9,89 \times 10^{-3} + 0,07 + 6,24 \times 10^{-3} + 3,58 \times 10^{-3} + 3,54 \times 10^{-3} + 0,02) \text{ cv}$$

$$H_T = 1,08 \text{ cv}$$

4.1.13 Verificación de la temperatura máxima de operación del aceite

La temperatura máxima de servicio del aceite tiene que permanecer por debajo de un valor límite tabulado, es decir, el calor absorbido por el aceite tiene que ser compensado por una disipación de calor equivalente en forma natural a través de las paredes del reservorio.

Con las medidas del reservorio que se dispone se calcula la temperatura máxima de operación que alcanzara el aceite. Se dispone de un volumen del reservorio de $0,075 \text{ m}^3$; sus medidas son $h = 0.3 \text{ m}$, $a = 0.5 \text{ m}$ y $b = 0.5 \text{ m}$. El volumen de aceite es aproximadamente 3 a 4 veces el

$Q_{m\acute{a}x} = 4,2 \frac{gal}{min}$, el volumen que se tiene de aceite en el reservorio es de 14 galones $\approx 0,05 \text{ m}^3$

Siendo así el área expuesta al fluido es:

$$A = A_{\text{lados}} + A_{\text{base}} \quad \text{Ec. 4-17}$$

$$A = (4 * (0,5 * 0,3) + (0,5 * 0,5))m^2$$

$$A = 0,85 \, m^2$$

Para obtener una vida de servicio óptima del aceite y de los elementos del sistema hidráulico se recomienda que la temperatura del aceite oscile entre 49°C y 54°C siendo 66°C la máxima temperatura de aceite recomendada. Además, el grado de viscosidad debe estar entre 32 cSt (150 SSU) y 68 cSt (315 SSU), es decir se debe utilizar aceite SAE 10W o SAE 20-20W [18]. El aceite utilizado en el sistema hidráulico es SAE 10W, la temperatura ambiente donde se instalaría este sistema es de 18 °C.

La disipación de calor por conducción a través de las paredes de acero de espesor ¼ in y lacado interiormente esta dado aproximadamente y en forma empírica por [17]:

$$H_T = \frac{A * (T_f - T_o)}{31} \quad \text{Ec. 4-18}$$

donde:

A = Área de intercambio de calor

T_o = Temperatura ambiente = 14°C

T_f = Temperatura de trabajo recomendada del aceite 49°C a 54°C

Despejando T_f de la ecuación 4.18 y remplazando se tiene

$$T_f = \frac{31 * 1}{0,85} + 14$$

$$T_f = 50 \, ^\circ\text{C}$$

Esta temperatura está por debajo de la temperatura máxima admisible, por lo tanto, las dimensiones del reservorio son suficientes para disipar el calor absorbido por el aceite.

CAPITULO V

5. CIRCUITO ELÉCTRICO

5.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DEL PANEL DE CONTROL

El panel de control es el responsable de todos los movimientos de la máquina, para esto se utiliza un sistema de última generación, PLC (Control Lógico Programable), eliminando la necesidad de operación manual.

La automatización de los procesos a realizarse a través del PLC es flexible con relación a aquella rígida que utiliza paneles de relés. Por lo cual se puede decir que el control mediante PLC utiliza menos espacio y cuesta menos que los paneles de relés medianos y largo tamaño. El uso del PLC elimina el costo que se realiza en el cableado del panel de control a trabajar en interface con el equipo industrial.

Además se ha provisto dentro del panel de control de un circuito para los movimientos manuales de cada uno de los elementos de la máquina. Esto se requiere para casos de emergencia y sobrantes de material que no se pueda alimentar automáticamente.

5.1.1 Elementos a controlar

Motor trifásico para la mezcladora de 10 HP.

Motor trifásico para el sistema hidráulico de 5HP.

Motoreductor trifásico para el elevador de 2 HP.

2 motores monofásicos para la compresión de 2 HP.

Cilindros hidráulicos

T = Alimentación de tableros

D = Desmoldeo

M = Alimentación de mezcla

C = Compresión de la mezcla

Electroválvulas

Solenoide Compresión+

Solenoide Compresión-

Solenoide Desmoldeo+

Solenoide Desmoldeo-

Solenoide Mezcla+

Solenoides Tablero-

Solenoides Descarga

El PLC a utilizar es un TWIDO TWDLCAA24DRF, este es un autómata compacto de 120-230V CA, 14 entradas de 24VDC y 10 salidas de relé de 2 amperios cada una. Además se utiliza un módulo de ampliación con 8 entradas de 24VDC.

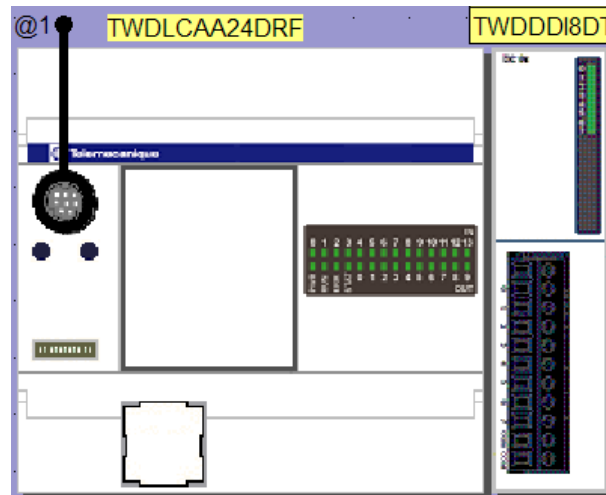


Fig. 69 Diagrama del PLC

El consumo de energía de las bobinas de las electroválvulas es de 3,5 a 4 A (amperios) y la capacidad máxima de las salidas de relé del PLC es de 2A por lo que se necesita de relés auxiliares de 7A de capacidad en los contactos, cuyas bobinas son controlados por el autómata.

5.1.2 Circuito eléctrico.

Los diagramas correspondientes al circuito eléctrico se lo pueden dividir en dos partes:

- Circuito de potencia
- Circuito de control

5.1.2.1 Circuito de potencia

El circuito de potencia se lo ha desarrollado en dos esquemas:

El diagrama del circuito de potencia de motores que tiene en la primera conexión al motor de la mezcladora con un arranque estrella triángulo, el diagrama del segundo motor es del sistema hidráulico con un arranque directo, el tercer motor es del elevador y tiene dos contactores para un cambio de giro debido a la subida del material en el cangilón de la mezcladora a la tolva de alimentación y su posterior bajada.

Las conexiones de los últimos motores son para arranques directos y son monofásicos. El puente que se realiza entre el 4 del relé térmico y el 5 del contactor se debe a que tiene que estar energizadas las tres líneas del térmico para que se proteja el motor y se dispare el relé cuando haya una sobrecarga del motor.

El diagrama del circuito de comando de las electroválvulas tiene las conexiones de los solenoides de los distribuidores hidráulicos, que trabajan a 110V AC con una protección del breaker.

Las bobinas de los relés auxiliares electromecánicos son accionadas por el PLC o por un mando manual, el solenoide de descarga se activa cuando no trabajen los cilindros y permite el paso del aceite directo al tanque sin pasar por el relief, el resto de solenoides accionan la salida y lo retorno de los cilindros hidráulicos.

5.1.2.2 Circuito de control

El circuito eléctrico de control se desarrolla en dos esquemas:

El diagrama de conexiones del PLC describe el orden de entradas y salidas a conectarse en la base y en el módulo de ampliación, los voltajes que se utilizan en los comunes 0,2 y 3 de las salidas de la base son 24V DC, en el común 2 se utiliza un voltaje de 220V CA.

Las salidas de los comunes 0,2 y 3 controlan los relés auxiliares que cierran los contactos y permiten que se energicen las bobinas de las electroválvulas.

Las salidas del común 1 controlan las bobinas de los contactores de los motores del elevador (subida y bajada), los contactores de los motores de la vibración y el relé auxiliar de la electroválvula de descarga.

El motor de la mezcladora y del sistema hidráulico no son controlados por el PLC ya que estos permanecen encendidos durante toda la jornada de trabajo.

El circuito de control Manual comanda el motor de la mezcladora y del sistema hidráulico a través de los pulsadores P.M.M. y P.M.H. Además realiza el mismo trabajo que el control automatizado, para esto el selector se coloca en posición manual con lo que deshabilita las salidas del PLC y energiza la bobina del relé auxiliar con lo que se cierran los contactos normalmente abiertos y permiten el paso de corriente hacia los distintos elementos eléctricos.

Se lo utiliza cuando haya un paro de emergencia o en el final de las jornadas de trabajo ya que la alimentación de la mezcla no será uniforme sino intermitente.

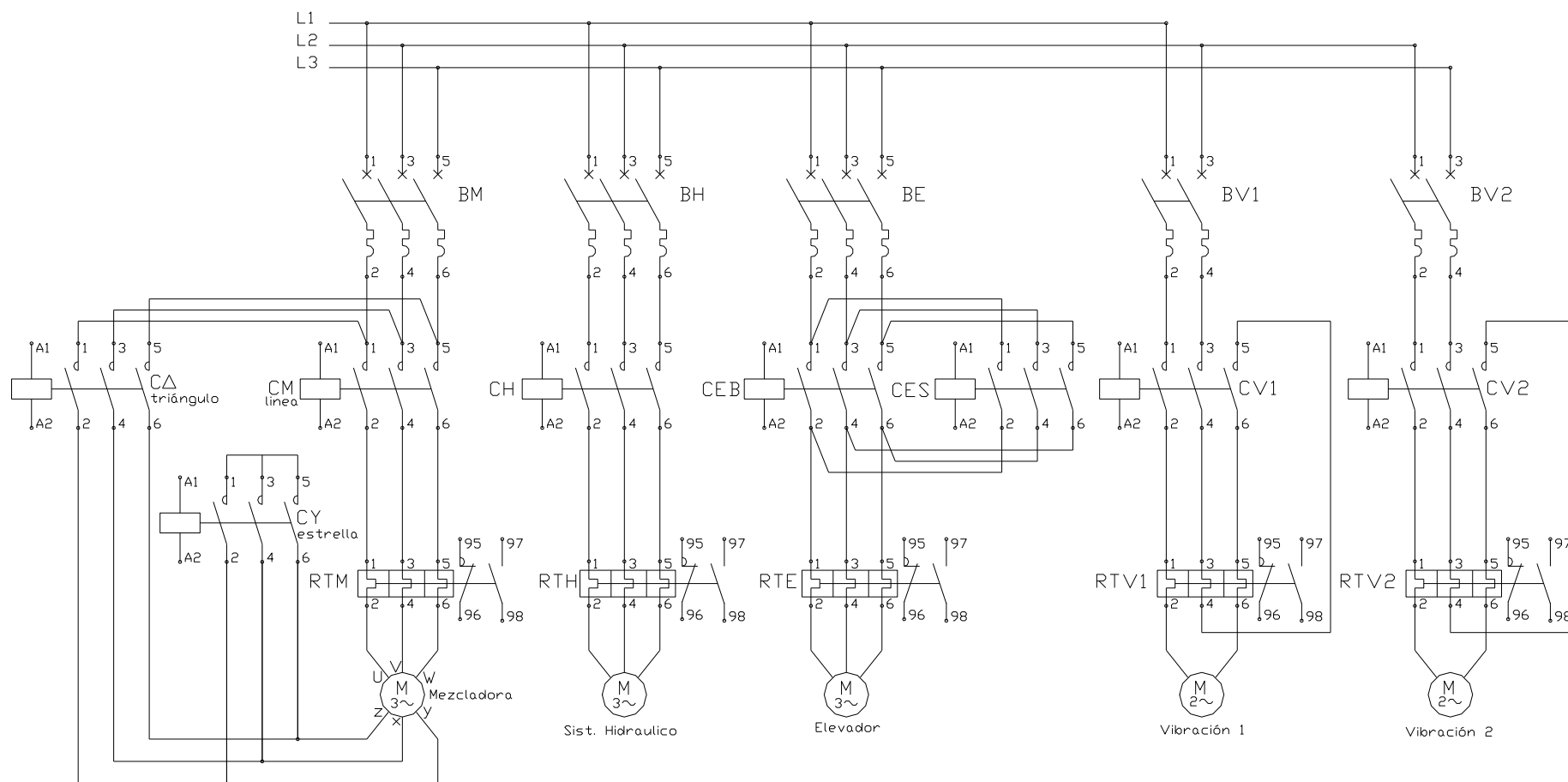


Fig. 70 Circuito de conexión de motores

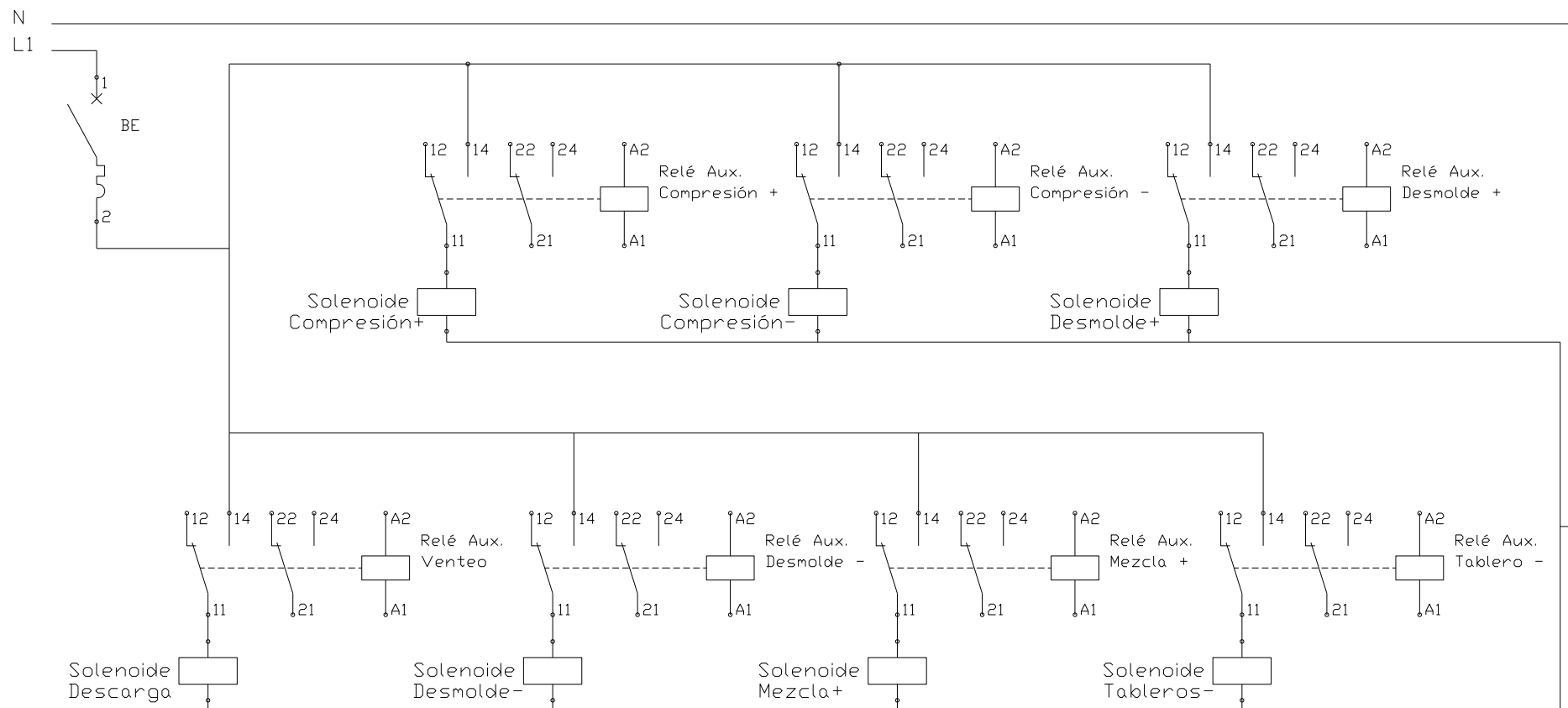


Fig. 71 Circuito de comando de Electroválvulas

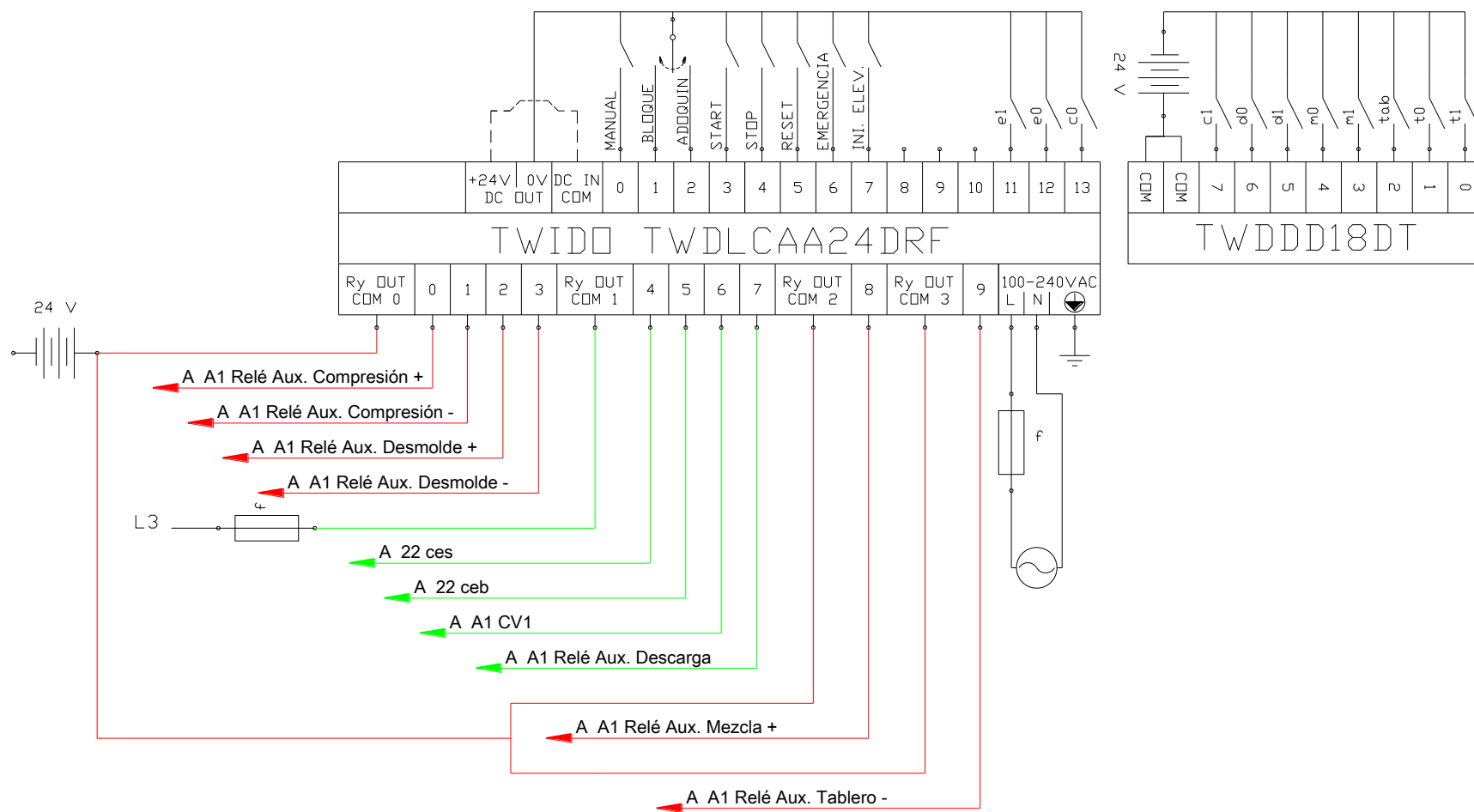


Fig. 72 Circuito de conexiones del PLC

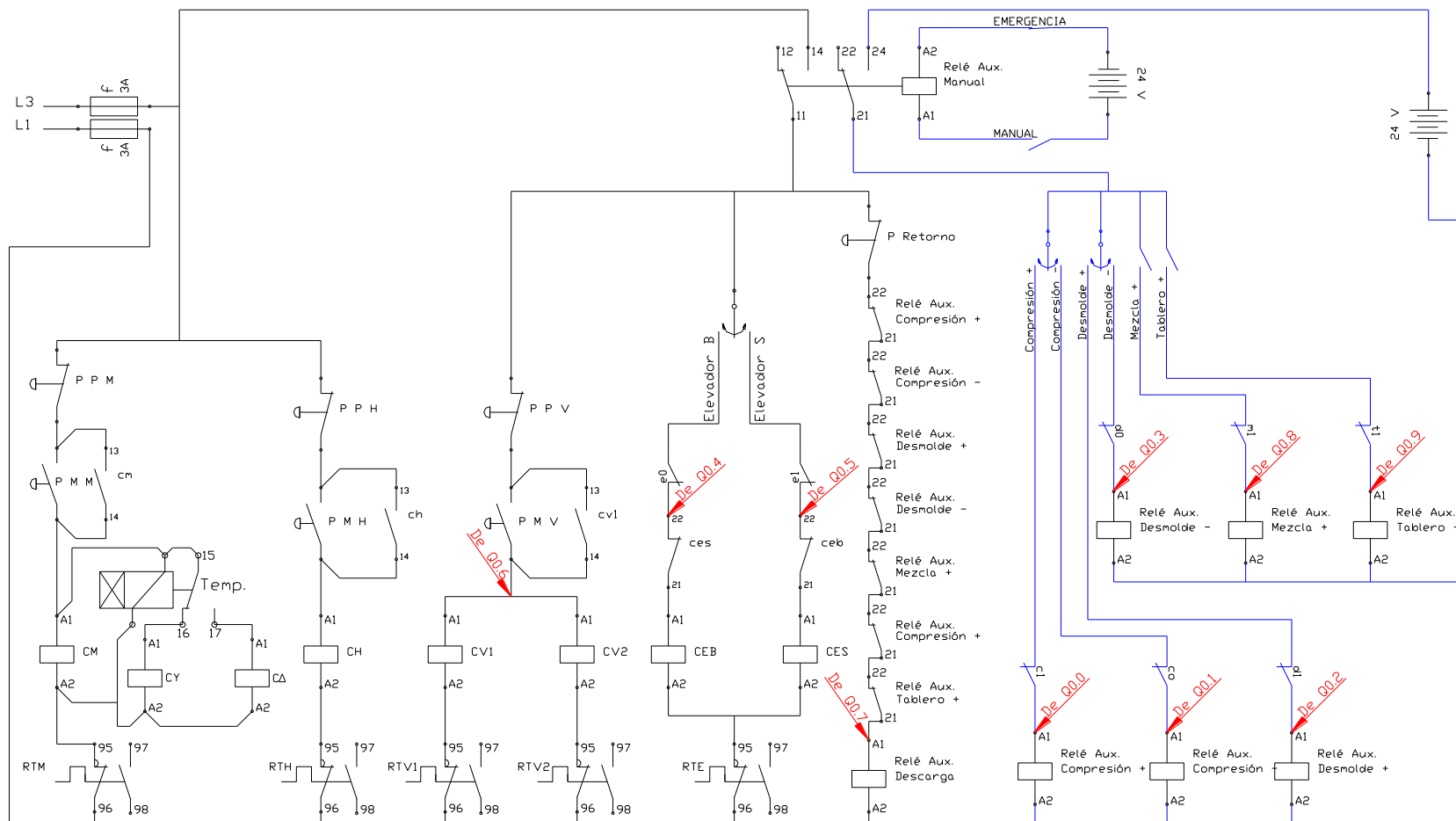


Fig. 73 Circuito de control manual

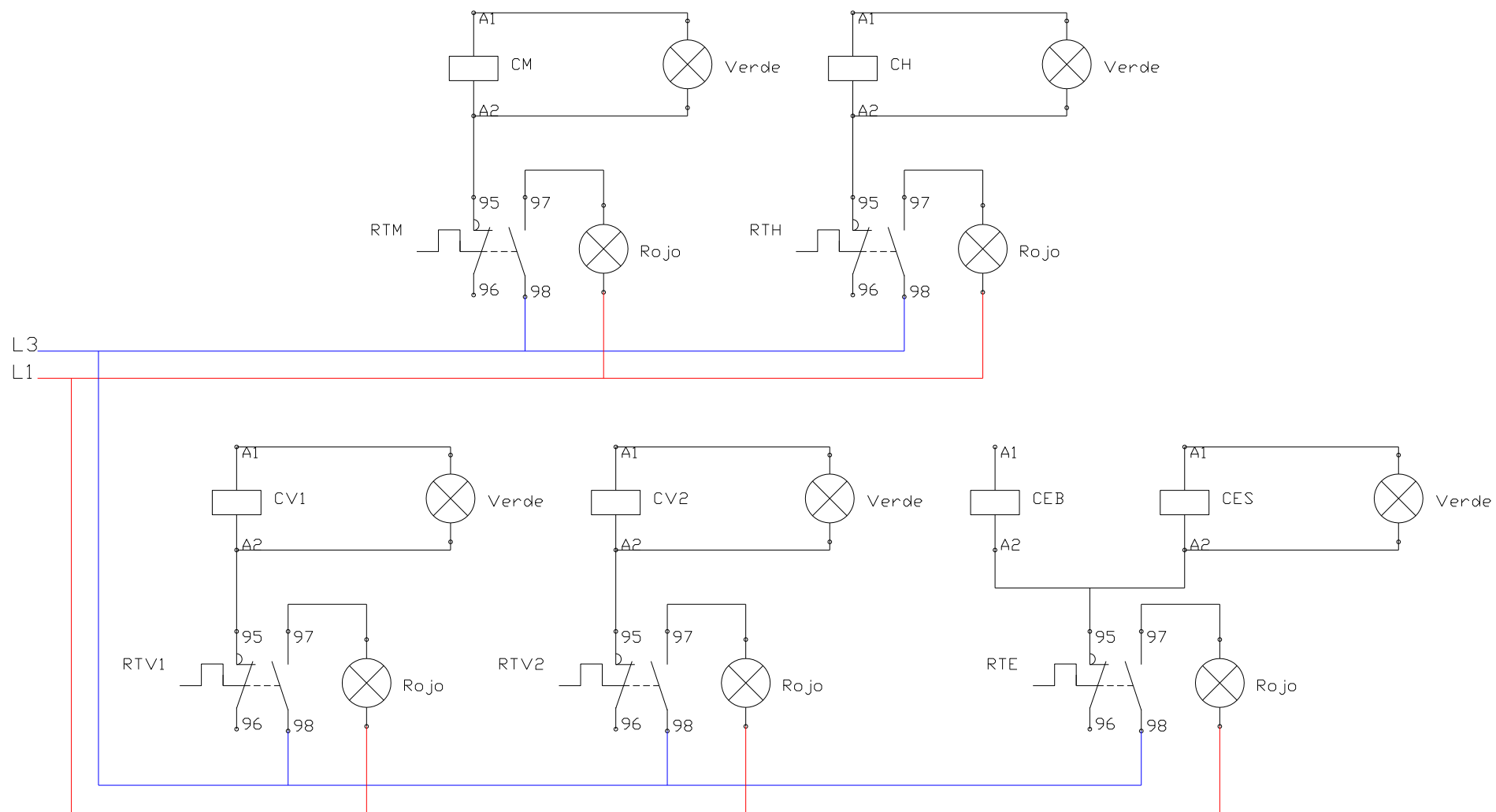


Fig. 74 Circuito de conexiones de luces piloto

5.1.3 Programación del PLC

Para la automatización se utiliza un PLC TWIDO TWDLCAA24DRF y el software de programación Twido Suite 2.01

Los procesos a controlar por el PLC son dos, el primero es para el elevador y el segundo para la vibrocompresora, cada proceso trabaja independientemente.

Hay que recalcar que el proceso de mezclado no interviene el control mediante el PLC ya que el motor funciona continuamente durante todo el día de trabajo.

La secuencia de movimientos a desarrollar para el elevador se representa en la fig.75, los finales de carrera e0 y e1 activan el motor del elevador a izquierdas y a derechas.

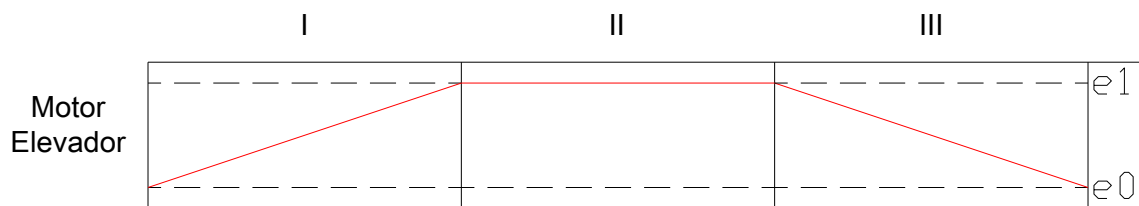


Fig. 75 Secuencia de movimientos del elevador

La secuencia de movimientos a desarrollar para la vibrocompresora se representa en la fig.76.

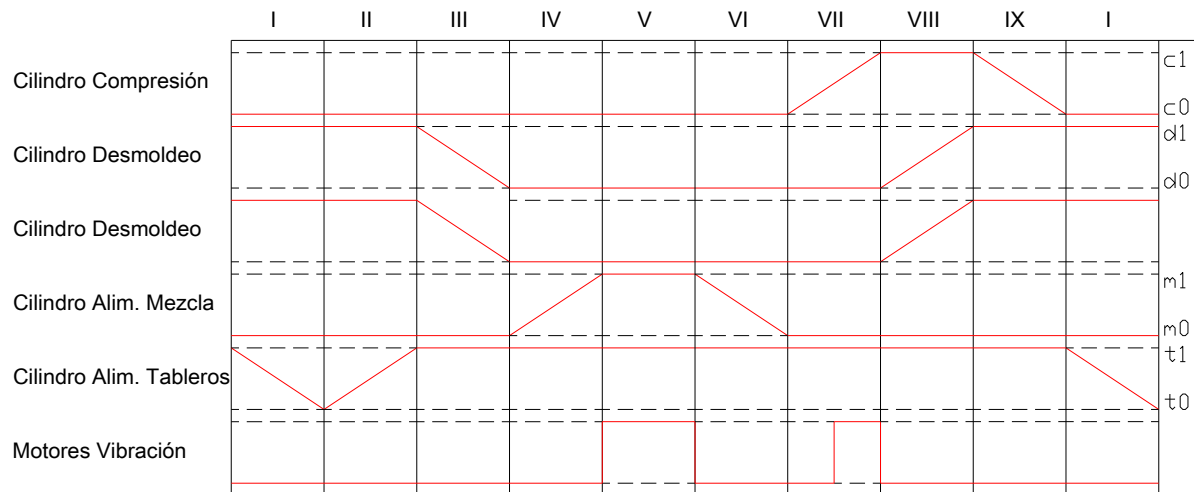


Fig. 76 Secuencia de movimientos de la vibrocompresora

La secuencia de los procesos de elevación y de la vibrocompresora a desarrollar es la siguiente:

$$E^+ / \square / E^-$$

$$T^- / T^+ / D^- / M^+ / V / M^- / C^+ V / D^+ / C^-$$

TABLA XVII. Asignaciones del PLC

Dirección	Símbolo	Dirección	Símbolo
%I0.0	C1	%I1.4	START
%I0.1	D0	%I1.5	ADOQUINES
%I0.2	D1	%I1.6	BLOQUES
%I0.3	M1	%I1.7	AUTOMÁTICO
%I0.4	M0	%Q0.0	COMPRESIÓN_S
%I0.5	TAB	%Q0.1	COMPRESIÓN_R
%I0.6	T0	%Q0.2	DESMOLDE_S
%I0.7	T1	%Q0.3	DESMOLDE_R
%I0.11	E1	%Q0.4	ELEVADOR_B
%I0.12	E0	%Q0.5	ELEVADOR_S
%I0.13	CO	%Q0.6	VIBRACIÓN
%I1.0	INI_ELEVADOR	%Q0.7	DESCARGA
%I1.1	EMERGENCIA	%Q0.8	MEZCLA_S
%I1.2	RESET	%Q0.9	TABLEROS_S
%I1.3	STOP		

El selector de dos posiciones con MANUAL y AUTOMÁTICO permite habilitar el circuito de control manual o el circuito de control automático, al seleccionar la posición MANUAL desactiva el circuito automático y viceversa.

Tanto la secuencia del elevador como de la vibrocompresora son habilitadas cuando se selecciona Automático en el selector de tres posiciones.

El selector de dos posiciones con BLOQUES y ADOQUINES selecciona la secuencia deseada y los tiempos de vibración que necesita cada producto

El pulsador INI. ELEVADOR inicia la secuencia automática para la subida, pausa y retorno del cangilón.

El pulsador START inicia la secuencia automática de la vibrocompresora, el pulsador STOP para la secuencia automática de la vibrocompresora al término de un ciclo.

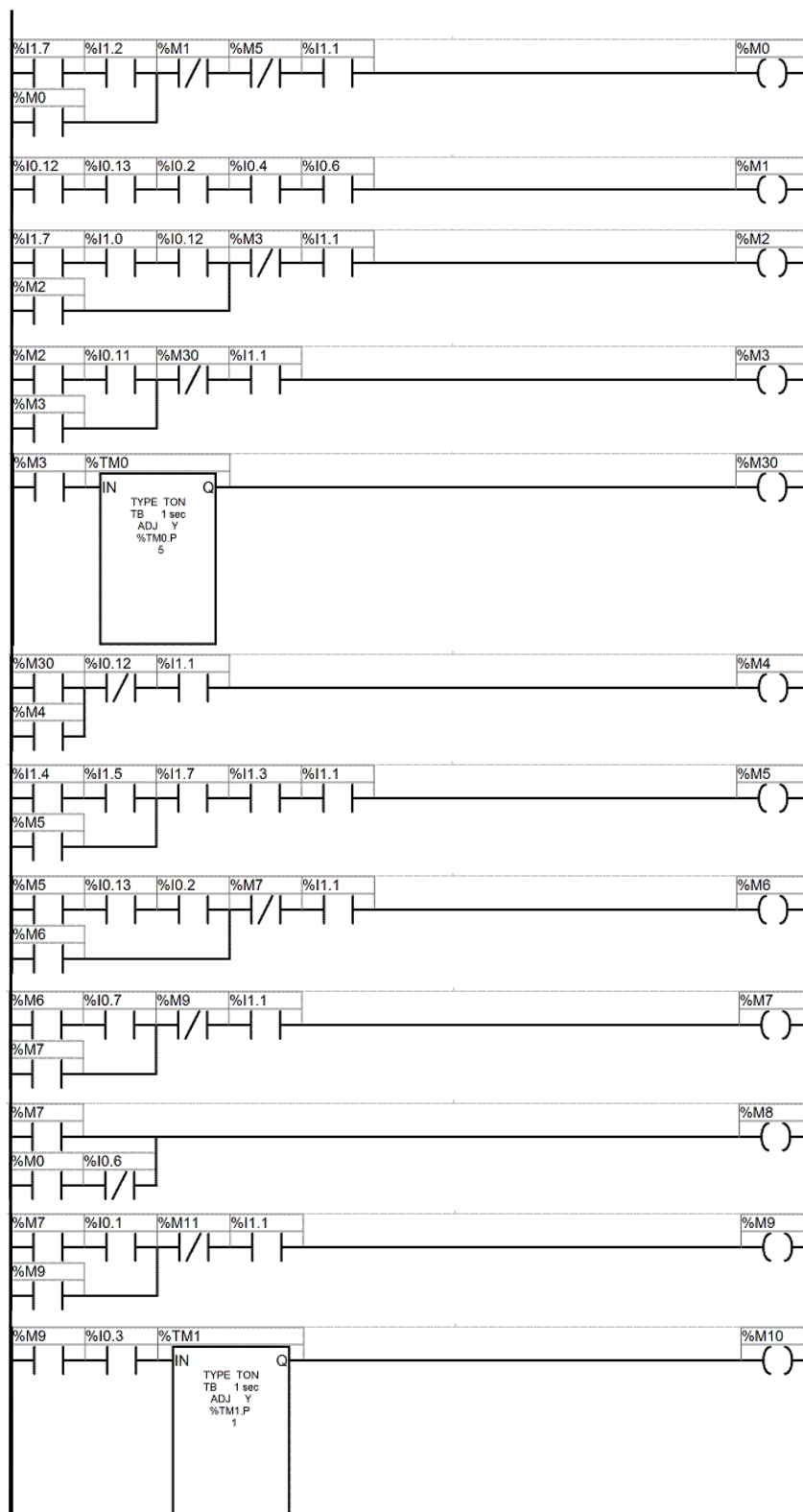
El pulsador EMERGENCIA detiene en cualquier instante de la secuencia de la vibrocompresora y del elevador.

El pulsador RESET retorna todos los cilindros y el elevador a sus posiciones iniciales.

Al pulsar START retorna el cilindro de alimentación de tableros, pisa el final de carrera T0 y sale este cilindro, luego pisa el final de carrera T1, con lo que se produce el retorno del cilindro de desmoldeo y pisa el final de carrera D0, para activar el cilindro de alimentación de mezcla, aplastando M1 se activa la vibración por un tiempo y luego retorna el cilindro de alimentación de mezcla, al pisar M0 se activa el cilindro de compresión y un temporizador, al final el temporizador activa la vibración con lo que se tiene el proceso de vibrocompresión, al pisar el final de carrera C1, se activan los cilindros de desmoldeo, al pisar el final de carrera

D1 retorna el cilindro de compresión, al activarse C0, empieza otra secuencia activando el cilindro de alimentación de tableros.

El desarrollo del programa se lo realizo con la técnica de la cascada y se representa en la fig. 77:



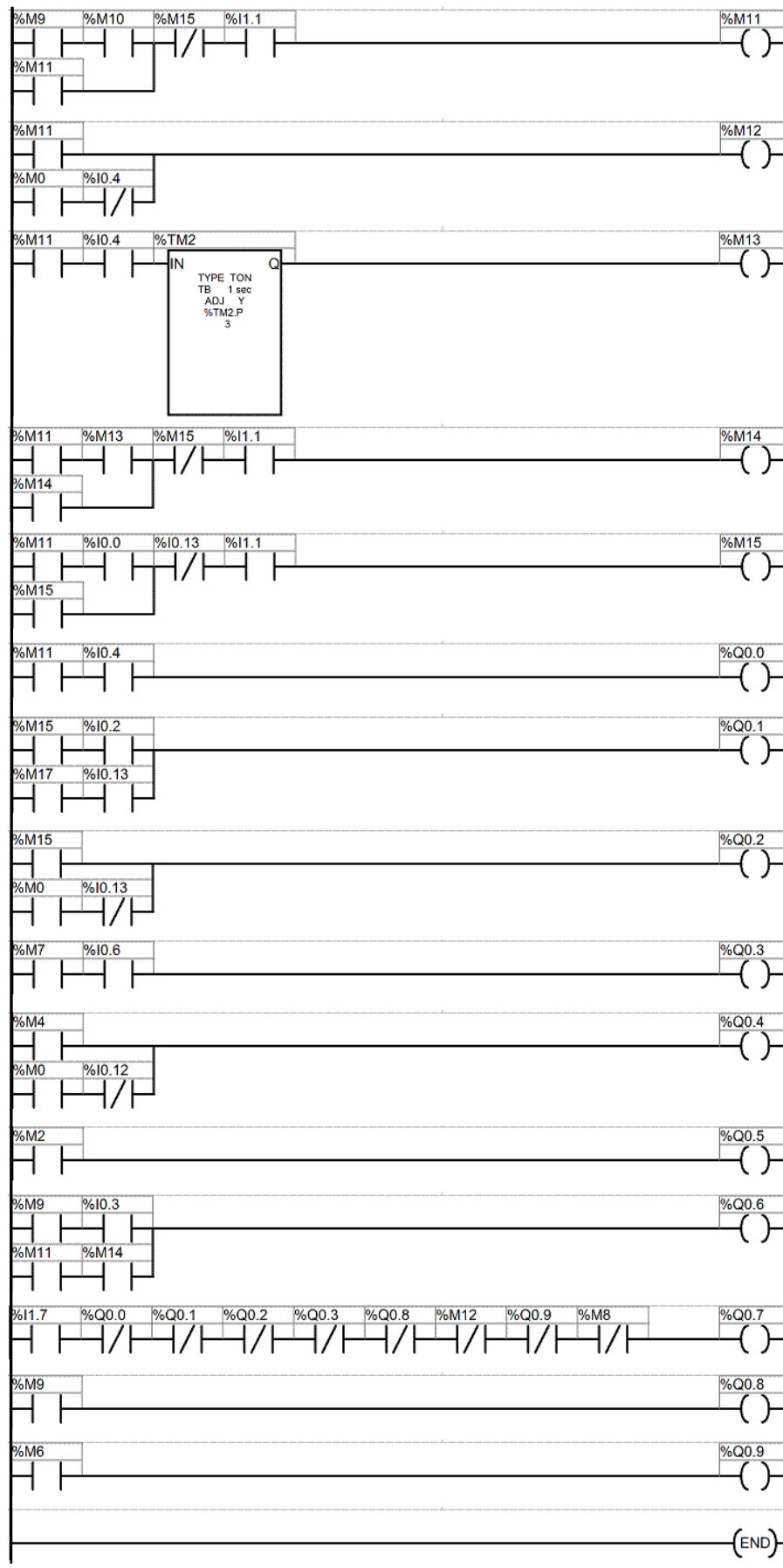


Fig. 77 Programación en PLC

CAPÍTULO VI

6. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

6.1 CONSTRUCCIÓN.

6.1.1 Máquinas herramientas y equipo utilizado.

Durante el proceso de construcción, montaje e instalación de la máquina para la construcción de los prefabricados de hormigón se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y accesorios:

TABLA XVIII. Equipos utilizados en la construcción

Código	Equipo
MH1	Soldadora MIG.
MH2	Torno.
MH3	Plegadora.
MH4	Fresadora.
MH5	Cortadora de plasma.
MH6	Taladro de pedestal.
MH7	Taladro de mano.
MH8	Dobladora de tol.
MH9	Tronzadora.
MH10	Esmeril.
MH11	Amoladora.
MH12	Pulidora.
MH13	Cizalla.
MH14	Entenalla.
MH15	Arco de sierra.
MH16	Calibrador pie de rey.
MH17	Oxi-Corte
MH18	Tijeras.
MH19	Cautín
MH20	Brocas y machuelos
MH21	Martillos, playos, destornilladores, flexómetros, escuadra, nivel, etc.

6.1.2 Descripción del proceso de construcción.

Para el proceso de construcción de la máquina para prefabricados de hormigón deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones.

- El tipo de material a utilizarse en la construcción del bastidor es el perfil UPN, ya que debe ser robusto y compacto debido a que soportara largos tiempos de vibración, además de grande fuerzas hidráulicas.
- Algunas piezas con movimiento relativo son construidas en bronce, principalmente para bocines ya que estos van a estar sujetos a continua fricción y desgaste.
- Las formas, dimensiones, tipo de material de las piezas están detallados en los planos correspondientes.

Las partes principales constitutivas del prototipo se presentan en la tabla siguiente.

TABLA XIX. Partes constitutivas de la máquina

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Sistema de Mezclado	Bastidor	1	ASTM A36
	Olla	1	ASTM A36
	Compuerta	1	ASTM A36
	Boca de descarga	1	ASTM A36
	Transmisión cono-corona	1	Ford 600
	Soporte de poleas y motor	1	ASTM A36
	Ejes de poleas	2	AISI 304
	Porta paletas	1	ASTM A36
	Paletas	5	
	Motor trifásico 10 HP	1	Siemens
	Poleas	4	Aluminio
	Bandas	4	
Sistema de Elevación	Bastidor	1	ASTM A36
	Tolva	1	ASTM A36
	Manga de tolva	1	ASTM A36
	Tambores de cable	2	ASTM A36
	Eje de Tambores	1	AISI 304
	Cangilón	1	ASTM A36
	Ejes de ruedas	2	AISI 304
	Ruedas	2	ASTM A36
	Protector de cable	1	ASTM A36
	Chumacera porta cable	2	ASTM A36
	Soporte de motor	1	ASTM A36
	Moto reductor trifásico con freno 2HP	1	Siemens
	Catalinas	2	Hierro Fundido

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Sistema de Elevación	Cadenas	1	Acero
	Rodamientos	8	SKF 6205
	Chumacera	2	NBR UPC 211 2
	Cable 3/8		Acero
Vibro-compresora	Estructura	1	ASTM A36
	Puente	1	ASTM A36
	Separadores de puente	1	AISI 304
	Mesa Vibratoria	2	ASTM A36
	Soporte para ejes guías	1	Acero de transmisión
	Ejes guías de molde	1	AISI 304
	Malla de protección	2	ASTM A36
	Tapas de Vibración	2	ASTM A36
	Base motor vibración	1	ASTM A36
	Templador de base de Vibración	2	ASTM A36
	Templador de mesa de Vibración	1	ASTM A36
	Motor monofasico 2 HP	2	GEW
	Poleas	4	Hierro Fundido
	Bandas	4	
Molde	Molde adoquín	1	
	Bujes	2	ASTM A36
	Bronces para bujes	2	Bronce fosfórico
	Sujetador Buje-Molde	2	ASTM A36
	Graceros	4	
Apisonador	Bujes	2	ASTM A36
	Bronces para bujes	2	Bronce fosfórico
	Planchas Superiores	2	ASTM A36
	Estructura UPN	1	ASTM A36
	Macho Adoquín	1	
Mecanismo de Desmolde	Eje de sincronización	1	AISI 304
	Eslabón 1	2	ASTM A36
	Eslabón 2	2	ASTM A36
	Chumaceras	2	NBR UPC 208 2.4
Alimentación de tableros	Estructura	1	ASTM A36
	Guías de transportador	2	ASTM A36
	Transportador de tableros	1	ASTM A36
	Rodamientos	22	SKF 6300
Alimentación de mezcla	Cajón de alimentación	1	ASTM A36
	Base de cajón de alimentación	1	ASTM A36
	Ejes guías	4	AISI 304
	Bujes	2	ASTM A36
	Soporte para ejes de rodamiento	2	ASTM A36
	Ejes para rodamiento	4	AISI 304
	Rodamientos	4	SKF 6306

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Mesa deslizadora de tableros	Estructura	1	ASTM A36
	Varilla	15	ASTM A36
	Tubo	15	ASTM A36
	Rodamientos	30	SKF 6202
SISTEMA HIDRÁULICO	Grupo central Hidráulica	1	Kompass
	Motor trifásico 5 HP	1	Siemens
	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 63 x 400 carrera	1	Kompass
	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 300 carrera	2	Kompass
	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 600 carrera	1	Kompass
	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 700 carrera	1	Kompass
	Electroválvula 4/2 monoestable Cetop 3	3	Kompass
	Electroválvula 4/3 Centro cerrado Cetop 3	2	Kompass
	Manifold 2 estaciones Cetop 3	2	Kompass
	Sub placa de montaje	1	Kompass
	Manguera 100R-2 1/2 mts.	27	ALFFLEX
	Aerotech Horquilla con pasador P/Cil Diam 80-100	2	Aerotech
	Kompass Horquilla P/Cil Diam 63 Hidráulica	1	Aerotech
	Placa Delantera de sujeción P Cil Diam 80 AA	1	Aerotech
	Basculante Post Hembra P/Cil Diam 50 AA	2	Aerotech
	Basculante Post Macho P/Cil Diam 50 AA	2	Aerotech
	Pie externos P/Cil Diam 63	4	Aerotech
	Accesorio, acoples, uniones, tess		
SISTEMA DE CONTROL	Repartidor 4P 125A		Legrand
	PLC	1	Twido TWDLCAA24DRT
	Módulo expansión salidas	1	Twido TWDDRA8RT
	Módulo expansión entradas	1	Twido TWDDDI8DT
	Cable programación + software	1	Twido Soft
	Breaker 3p	3	Merlín
	Breaker 2p	2	Merlín
	Breaker 1p	1	Merlín
	Contactor	4	Telemecanique
	Relé térmico	4	Telemecanique
	Relé 8 pines 24VDC	1	Telemecanique
	Pulsador hongo c/retención	2	Telemecanique
	Selector 3 posiciones	1	Telemecanique
	Selector ret/centro 3 posiciones	3	Telemecanique
	Selector 2 posiciones c/retorno	3	Telemecanique
	Pulsador verde	5	Camsco

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
SISTEMA DE CONTROL	Pulsador rojo	5	Camsco
	Luz piloto rojo 22mm	5	Camsco
	Luz piloto verde 22mm	5	Camsco
	Foco 240W 2,4W incandescente	10	Bayon
	Bornera 1P	11	Siemens
	Micro T. Rodillo de nivel	3	Hand Young
	Micro HY-LS804N	6	Hand Young
	Micro Lilim switch	3	Hand Young
	Micro Rodillo	1	Hand Young
	Caja 300x300 mm	1	Tol galvanizado
	Caja 1000x800 mm	1	Tol galvanizado
	Libretin Marcador	1	Dexon
	Riel DIN 35mm	3	
	Borneras de 12	20	Siemens
	Canaleta plástica 33x33 mm	2	
	Conductores eléctricos		Varios

6.1.3 Operaciones tecnológicas de la construcción.

Las principales operaciones tecnológicas necesarias para la construcción de esta máquina se detallan en la siguiente tabla:

TABLA XX. Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción de la máquina para los prefabricados de hormigón

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Sistema de Mezclado	Bastidor	1	Trazado	30
		2	Corte (Plasma)	45
		3	Limpieza escoria	10
		4	Soldado	120
		5	Pulido	20
	Olla	6	Trazado	30
		7	Corte (Plasma)	25
		8	Limpieza escoria	4
		9	Soldado	10
		10	Barolado plancha	45
		11	Barolado anillo	15
		12	Soldado	55
		13	Pulido	5
	Compuerta	14	Trazado	15
		15	Corte chapa (Plasma)	10
		16	Corte platina (Tronzadora)	5
		17	Corte tubo (Tronzadora)	5
		18	Moleteado (Torno)	15
		19	Doblado platina	30

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Sistema de Mezclado	Compuerta	20	Soldado	60
		21	Trazado chapa	20
	Boca de descarga	22	Corte (Plasma)	15
		23	Doblado	15
		24	Soldado	20
		25	Desarmado	120
	Transmisión cono corona	26	Corte funda (Oxi-corte)	30
		27	Soldado planetarios	90
		28	Soldado funda-olla-bastidor	60
		29	Ensamblado transmisión	110
		30	Trazado	30
	Soporte de poleas y motor	31	Corte (Plasma)	25
		32	Taladrado	20
		33	Soldado	25
		34	Corte	20
	Ejes de poleas	35	Refrentado	15
		36	Chaveteado	30
		37	Trazado	60
	Porta paletas	38	Corte chapa (Plasma)	30
		39	Taladrado	40
		40	Corte Varilla (Oxi-corte)	45
		41	Doblado	30
		42	Soldado	50
		43	Trazado	15
	Paletas	44	Corte	15
		45	Taladrado	20
		46	Pulido	10
		47	Trazado	90
Sistema de Elevación	Bastidor	48	Corte (plasma)	60
		49	Taladrado	120
		50	Soldado	150
		51	Pulido	60
		52	Trazado	45
	Tolva	53	Corte	20
		54	Taladrado	30
		55	Doblado	25
		56	Soldado	60
		57	Pulido	30
		58	Trazado	30
	Manga de tolva	59	Corte	15
		60	Doblado	15
		61	Taladrado	20

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Sistema de Elevación	Manga de tolva	62	Soldado	15
		63	Pulido	10
	Tambores de cable	64	Trazado	30
		65	Corte	45
		66	Refrentado	60
		67	Cilindrado	30
		68	Taladrado	25
		69	Machueleadado	20
		70	Soldado	90
	Eje de Tambores	71	Taladrado	45
		72	Machueleadado	30
	Cangilón	73	Trazado	45
		74	Corte	30
		75	Barolado	40
		76	Taladrado	20
		77	Soldado	30
		78	Pulido	15
	Ejes de ruedas	79	Corte	30
		80	Refrentado	20
		81	Cilindrado	120
		82	Roscado	120
	Ruedas	83	Trazado	30
		84	Corte	90
		85	Soldado	35
		86	Refrentado	60
		87	Cilindrado	240
	Protector de cable	88	Trazado	15
		89	Corte (tronzadora)	20
		90	Cilindrado	25
		91	Refrentado	15
		92	Doblado	20
	Chumacera porta cable	93	Trazado	20
		94	Corte	30
		95	Refrentado	15
		96	Cilindrado	60
		97	Taladrado	20
		98	Soldado	30
	Soporte de motor	99	Trazado	15
		100	Corte	15
		101	Taladrado	30
		102	Soldado	35
		103	Pulido	15

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Vibro-compresora	Estructura	104	Trazado	180
		105	Corte	60
		106	Taladrado	45
		107	Soldado	90
		108	Pulido	60
	Puente	109	Trazado	30
		110	Corte	40
		111	Taladrado	60
		112	Soldado	75
	Separadores de puente	113	Corte	15
		114	Refrentado	15
		115	Cilindrado	45
		116	Roscado	40
	Mesa Vibratoria	117	Trazado	60
		118	Corte (plasma)	35
		119	Corte (sierra)	30
		120	Taladrado	20
		121	Soldado	55
		122	Pulido	15
	Soporte para ejes guías	123	Trazado	15
		124	Corte	20
		125	Taladrado	10
		126	Soldado	20
	Ejes guías de molde	127	Corte	15
		128	Refrentado	30
		129	Taladrado	30
		130	Machueleado	45
	Malla de protección	131	Trazado	20
		132	Corte	25
		133	Doblado	15
		134	Taladrado	15
		135	Soldado	30
	Tapas de Vibración	136	Trazado	15
		137	Corte	20
		138	Doblado (Plegadora)	15
		139	Taladrado	15
	Base motor vibración	140	Trazado	20
		141	Corte	20
		142	Taladrado	30
		143	Soldado	30
	Templador de Vibración	144	Trazado	15
		145	Corte	15

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Vibro-compresora	Templador de base de Vibración	146	Taladrado	10
		147	Soldado	15
		148	Pulido	10
	Templador de mesa de Vibración	149	Trazado	15
		150	Corte	15
		151	Taladrado	10
		152	Soldado	20
		153	Pulido	10
Molde	Molde adoquín	154	Trazado	120
		155	Corte	90
		156	Pulido	60
		157	Doblado (Plegadora)	120
		158	Ensamblado	90
		159	Soldado	120
	Bujes	160	Trazado	45
		161	Corte	30
		162	Refrentado	90
		163	Cilindrado	180
		164	Taladrado	30
		165	Machueleado	30
		166	Soldado	120
	Bronces para bujes	167	Corte	90
		168	Refrentado	30
		169	Cilindrado	120
		170	Taladrado	20
	Sujetador Buje-Molde	171	Trazado	60
		172	Corte	30
		173	Taladrado	45
		174	Pulido	15
Apisonador	Bujes	175	Trazado	45
		176	Corte	30
		177	Refrentado	90
		178	Cilindrado	180
		179	Taladrado	30
		180	Machueleado	30
		181	Soldado	120
	Planchas Superiores	182	Trazado	60
		183	Corte (Plasma)	40
		184	Taladrado	30
		185	Soldado	90
		186	Pulido	20
	Estructura UPN	187	Trazado	45

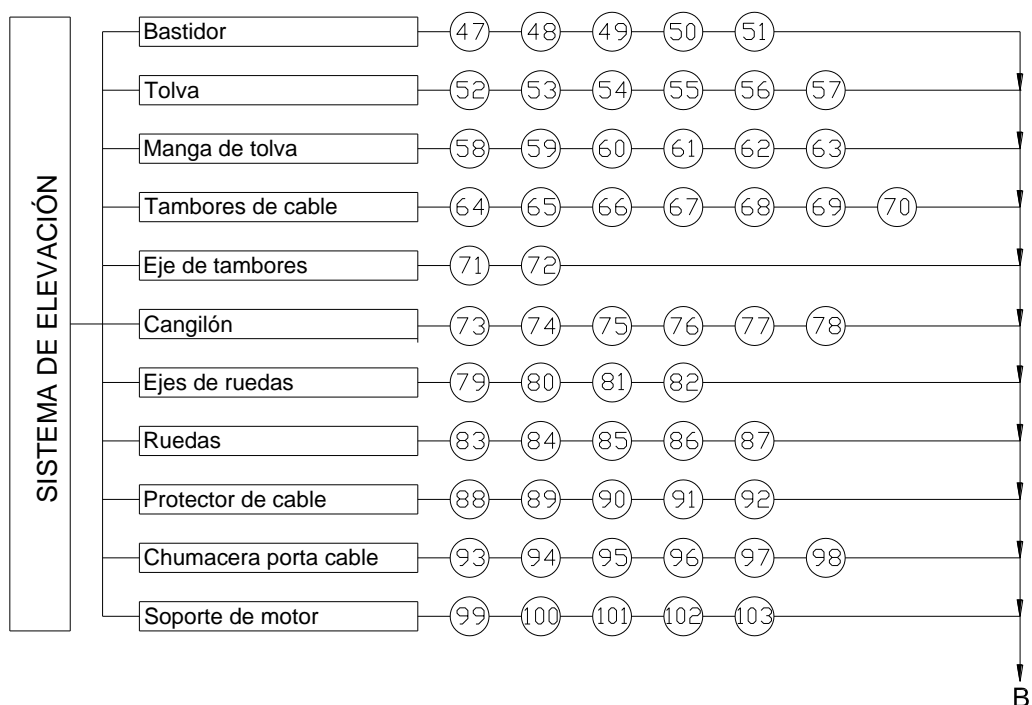
SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Apisonador	Estructura UPN	188	Corte (Plasma)	30
		189	Taladrado	30
		190	Soldado	90
		191	Pulido	20
	Macho Adoquín	192	Trazado	50
		193	Corte (Plasma)	30
		194	Taladrado	60
		195	Soldado	75
		196	Pulido	25
Mecanismo de Desmolde	Eje de sincronización	197	Trazado	10
		198	Corte	15
		199	Cilindrado	60
		200	Refrentado	25
		201	Taladrado	30
	Eslabón 1	202	Trazado	30
		203	Corte (Plasma)	30
		204	Taladrado	40
		205	Cepillado	60
		206	Soldado	30
		207	Limado	60
		208	Machueleado	25
	Eslabón 2	209	Trazado	30
		210	Corte (Plasma)	30
		211	Taladrado	40
		212	Cepillado	60
		213	Limado	60
		214	Soldado	30
		215	Machueleado	25
Alimentación de tableros	Estructura	216	Trazado	60
		217	Corte	45
		218	Taladrado	90
		219	Doblado	30
		220	Soldado	120
		221	Pulido	15
	Guías de transportador	222	Corte	15
		223	Roscado	20
	Transportador de tableros	224	Trazado	45
		225	Corte	20
		226	Taladrado	15
		227	Soldado	30
		228	Pulido	10
	Cajón de alimentación	229	Trazado	60

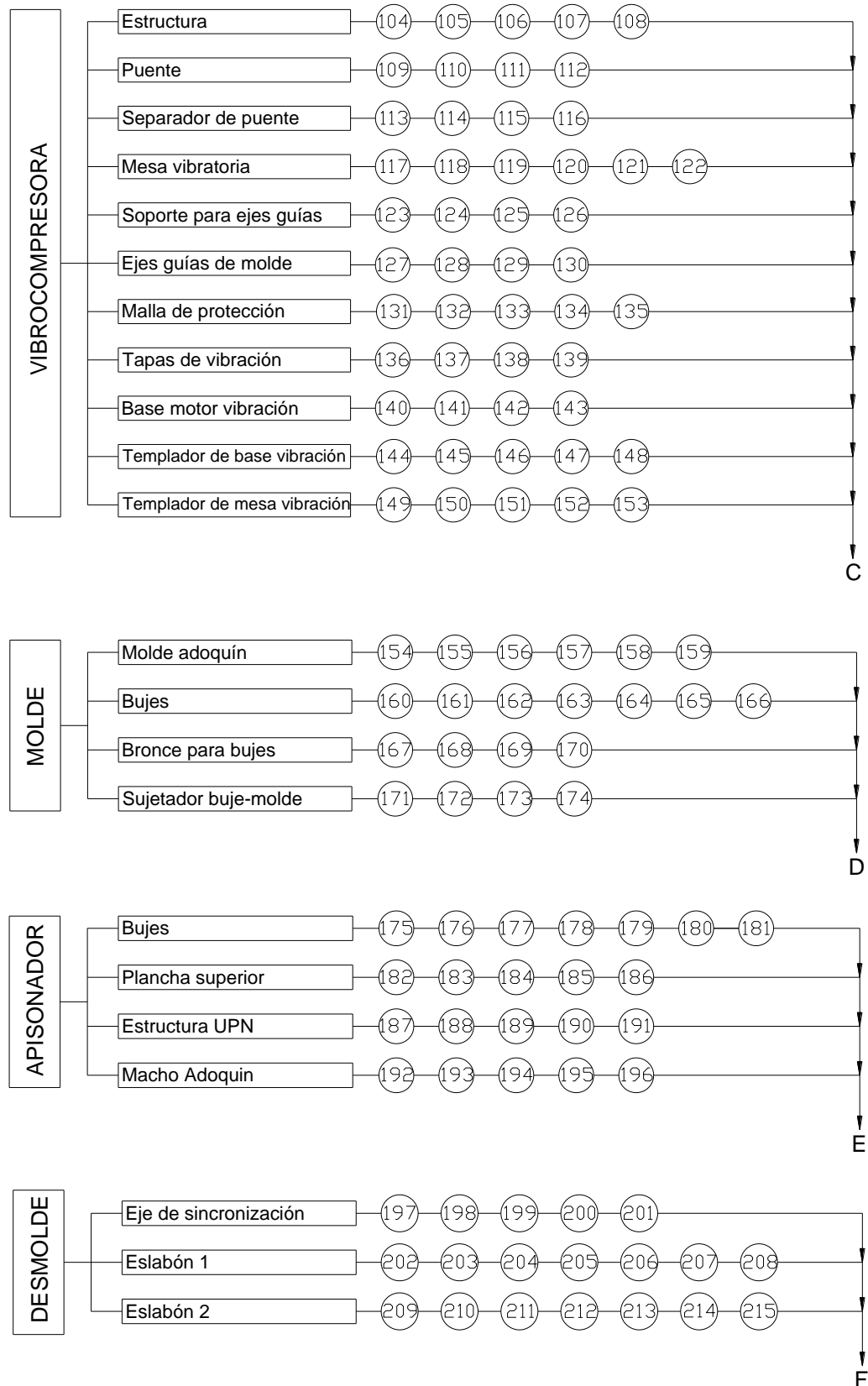
SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Alimentación de mezcla	Cajón de alimentación	230	Corte	75
		231	Taladrado	30
		232	Soldado	90
		233	Pulido	15
	Base de cajón de alimentación	234	Trazado	60
		235	Corte	30
		236	Taladrado	45
		237	Soldado	50
		238	Pulido	15
	Ejes guías del sistema de alimentación	239	Corte	45
		240	Refrentado	20
		241	Taladrado	30
		242	Machueleado	30
	Bujes	243	Trazado	20
		244	Corte	20
		245	Refrentado	30
		246	Cilindrado	60
		247	Taladrado	20
		248	Machueleado	20
		249	Soldado	60
	Soporte para ejes de rodamiento	250	Trazado	60
		251	Corte (Plasma)	45
		252	Taladrado	90
		253	Soldado	60
		254	Pulido	15
	Ejes para rodamiento	255	Trazado	15
		256	Corte (Tronzadora)	45
		257	Refrentado	60
		258	Cilindrado	180
		259	Roscado	90
		260	Taladrado	30
Mesa deslizadora de tableros	Estructura	261	Trazado	60
		262	Corte	45
		263	Taladrado	75
		264	Soldado	60
		265	Pulido	20
		266	Limado	30
	Varilla	267	Trazado	45
		268	Corte	30
		269	Pulido	90
	Tubo	270	Trazado	60
		271	Corte	90

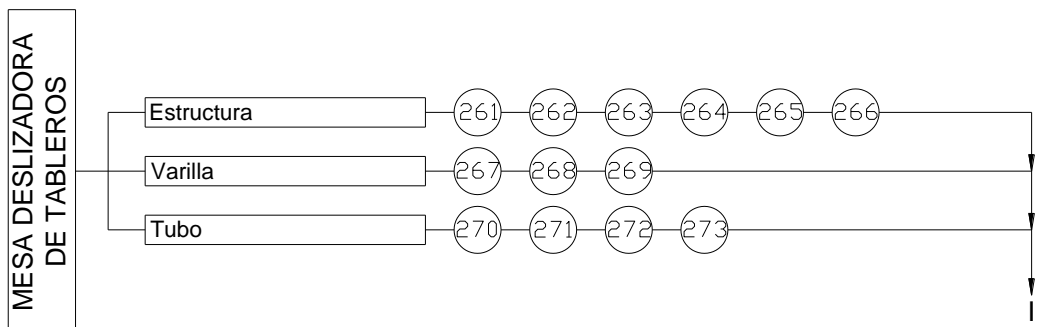
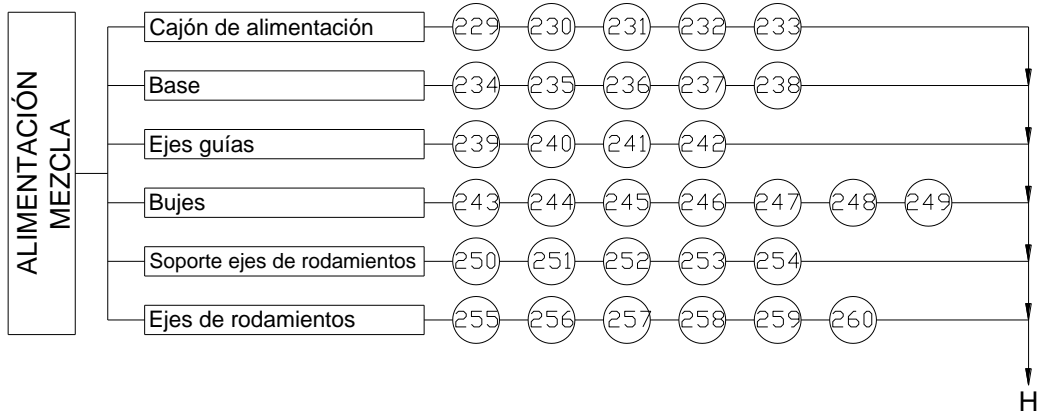
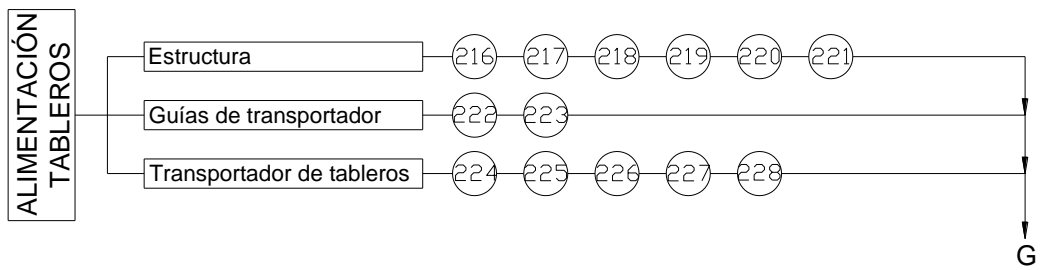
SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO(min)
Mesa deslizadora	Tubo	272	Cilindrado	90
		273	Refrentado	60

En el desarrollo de esta tabla los tiempos muertos que se dan entre operación y operación no se han incluido, por lo general son los que suelen ocasionar más demora en la construcción de maquinaria. Estos tiempos dependen de varios factores imprescindibles que pueden extenderlos o acortarlos.

6.1.4 Cursograma sinóptico de la construcción







CAPÍTULO VII

7. PRUEBAS Y RESULTADOS.

7.1 PLAN DE PRUEBAS.

Las pruebas que se realizaron en la máquina previa a su presentación final fueron las siguientes:

Mezcladora

- a) Volumen de mezclado por ciclo.
- b) Tiempo de mezclado en seco.
- c) Tiempo de mezclado en húmedo.

Elevador

- d) Cantidad de descarga de la mezcla en el cangilón.
- e) Control en el volteo del cangilón.

Vibrocompresora

- f) Centrado de tableros con el molde.
- g) Tiempo de vibrado para una correcta alimentación en el molde.
- h) Alimentación de la mezcla en el molde.
- i) Tiempo de vibrocompresión.
- j) Desmolde.
- k) Características del producto terminado.

7.2 PRUEBAS Y RESULTADOS.

La descripción y resultados del plan de pruebas son:

a) Volumen de mezclado por ciclo.

Para verificar si la mezcladora trabaja con el volumen utilizado para su diseño se optó por ingresar dentro de la olla un volumen similar al de 2 qq de cemento más áridos. En este caso se probó con 10 carretillas de arena con lo cual la mezcladora trabajó de forma normal. Para esto se seteo el relé térmico en 29A (I_n del motor) y se mantuvo con esta carga durante 15 minutos, con lo que se pudo comprobar que el motor no sufre ninguna sobrecarga. Además en ningún momento se tuvo variación en la velocidad de rotación de las paletas.

b) Tiempo de mezclado en seco.

El tiempo de mezclado en seco se tomó a partir de la colocación el cemento en la mezcladora. Para 1 qq de cemento el tiempo en el que se obtuvo una mezcla homogénea entre los materiales fue de 1.5 a 2 min.

Para 2 qq de cemento y 8 carretillas de áridos el tiempo de mezclado en seco fue de 2,5 a 3 min.

c) Tiempo de mezclado en húmedo.

El tiempo de mezcla después de agregado agua fue de 2 minutos; con esto ya se tiene una buena consistencia de la mezcla.

d) Cantidad de descarga de la mezcla en el cangilón.

El cangilón tiene una capacidad de $0,35 \text{ m}^3$. Dependiendo del volumen requerido de mezcla se puede hacer uno o varios viajes de transporte hacia la tolva de alimentación. Para mezclar 1 qq de cemento se hicieron dos viajes aproximadamente de $0,25 \text{ m}^3$ cada uno, y para mezclar 2 qq de cemento se hicieron tres viajes aproximadamente de $0,30 \text{ m}^3$ cada uno.

e) Control en el volteo del cangilón.

Para un completo vaciado de la mezcla del cangilón en la tolva de alimentación se tuvo que encontrar el punto de llegada del elevador. En forma práctica e “in situ” se utilizó un final de carrera que es pisado por la rueda trasera del cangilón.

f) Centrado de tableros con el molde.

Para regular la carrera del cilindro de tableros, se colocó a cierta distancia el bastidor del alimentador de tableros con respecto al bastidor de la vibrocompresora, luego se procedió a colocar los finales de carrera en el alimentador de tableros, de manera que con la carrera del cilindro los tableros sean empujados hasta ser centrados con el molde, de esta forma se evita el problema de que los adoquines puedan prensarse en la unión o entre dos tableros.

g) Tiempo de vibrado para una correcta alimentación de la mezcla en el molde.

Una vez salido el carro alimentador de mezcla, se tiene que producir una vibración para que el material se auto acomode dentro del molde. El tiempo adecuado de vibración que se pudo obtener es de 1 segundo, ya que para tiempos mayores se sobrepasa la cantidad de material depositado en el molde y esto produce que la altura de los adoquines no sean los especificados en las normas INEN. [22]

h) Tiempo de vibrocompresión.

El principal problema que tuvo que superarse fue el balanceo que sufrió el apisonador, lo que pudo lograrse aumentando los bujes de bronce desde una longitud inicial de 100mm a

140mm. Por el motivo de que en el apisonador se necesitaba mayor empotramiento en las guías.

Se comprobó que el tiempo de vibrado y compresión no debe exceder de los 5 segundos. Para una óptima compresión de los adoquines se necesita una presión adecuada del sistema hidráulico, y el seteo en la válvula de alivio en este caso fue de 2000 Psi.

i) Características del producto terminado.

Inicialmente antes de la compresión la altura promedio del adoquín es de 100mm.

En cambio la altura de los adoquines terminados obtenidos al final del proceso estuvo entre 84 y 85 mm con lo que se obtiene unos 15 mm de compactación.

Se puede acotar que comparando las medidas entre varios adoquines se obtuvieron diferencias en las medidas no mayores a 1 mm.

7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- a) Como queda dicho anteriormente, el diseño de la mezcladora se lo hizo para 2 qq de cemento más agregados. En las pruebas se pudo constatar que esta máquina trabaja normalmente con este volumen. También se pudo apreciar que las paletas exteriores son las que más carga arrastran ya que el material tiende a acumularse en las paredes de la olla debido a la rotación.
- b) En las pruebas se constató que la velocidad de rotación del rotor de las paletas es de 26 RPM y está muy cercana a la de diseño (25 RPM), Esta velocidad resulta apropiada ya que solo se tarda de 3 a 4 min. para tener una buena mezcla del material.
- c) No se requiere un control preciso de los tiempos para el mezclado en seco y para el mezclado en húmedo ya que se puede observar perfectamente cuando ya el cemento se ha mezclado con los áridos por el color que toma la mezcla. A partir de esto se necesitará un tiempo adicional para que se homogenice la mezcla después de haberse añadido el agua.
- d) El funcionamiento de la máquina puede ser automático o manual, a elección. Cuando el funcionamiento sea automático se puede apreciar que un ciclo de trabajo dura aproximadamente entre 33 y 35 seg.

CAPÍTULO VIII

8. COSTOS

En el siguiente análisis económico se pretende dar una descripción general de todos los gastos realizados para obtener el valor de la inversión realizada en el diseño y construcción de la máquina.

8.1 COSTOS DIRECTOS.

En el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, los mismos que se detallan en los literales siguientes:

a) Costos de materiales y accesorios mecánicos

TABLA XXI. Costos materiales y accesorios mecánicos.

Material	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. unit.	Costo
Plancha	3mm SAE 1012	plancha	2,50	93,00	232,50
Plancha	4mm SAE 1012	plancha	2,50	125,00	312,50
Plancha	6mm SAE 1012	plancha	2,00	310,00	620,00
Plancha	10mm SAE 1012	plancha	1,50	495,42	743,13
Perfil	UPN 80	6 metros	3,00	110,00	330,00
Perfil	UPN 100	6 metros	10,00	132,00	1.320,00
Perfil	L 25x25x3	6 metros	3,00	5,86	17,58
Perfil	L 50x50x6	6 metros	3,00	77,00	231,00
Perfil	L 80x80x7	6 metros	5,00	48,04	240,20
Platina	12x3mm ASTM A36	metro	3,50	0,57	2,00
Platina	50x10mm ASTM A36	metro	7,00	15,00	105,00
Barra redonda	15mm ASTM A36	6 metros	2,00	7,82	15,64
Eje	$\phi=1$	metro	2,80	11,40	32,26
Eje	$\phi=1\ 1/4$	metro	3,00	13,30	39,24
Eje	$\phi=1\ 3/8$	metro	0,60	21,50	12,04
Eje	$\phi=1\ 1/2$	metro	0,90	26,85	25,24
Eje	$\phi=1\ 3/4$	metro	4,50	16,50	73,60
Eje	$\phi=2$; 1	metro	1,20	48,08	57,70
Eje Hueco	$\phi=2\ 1/2 \times 1.25$	metro	0,60	436,00	279,04
Eje Hueco	Bronce $\phi=2$	metro	0,60	307,07	184,24
Perno	Acero G8 SAE UNC 3/8 x 1	unidad	36,00	0,14	5,20
Perno	Acero G8 SAE UNC 3/8 x 1 1/2	unidad	24,00	-	-
Perno	Acero G8 SAE UNC 1/2 x 1	unidad	11,00	0,29	3,19
Perno	Acero G8 SAE UNC 1/2 x 1 1/2	unidad	96,00	0,36	34,56
Perno	Acero G8 SAE UNC 1/2 x 2	unidad	26,00	-	-
Perno	Acero G8 SAE UNC 1/2 x 2 1/2	unidad	4,00	0,60	2,40

Material	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. unit.	Costo
Perno	Acero G8 SAE UNC 1/2 x 5 1/2	unidad	8	1,43	11,44
Perno	Acero G8 SAE UNC 5/8 x 2	unidad	12	-	-
Perno	Acero G8 SAE UNF 5/8 x 2 1/2	unidad	12	0,9	10,76
Perno	Acero G8 SAE UNC 3/4 x 1 1/2	unidad	4	0,98	3,92
Perno	Acero G8 SAE UNC 3/4 x 2	unidad	16	1,09	17,44
Perno	Acero G8 SAE UNC 3/4 x 3	unidad	4	1,4	5,59
Tuerca	Acero G8 SAE UNC 3/8	unidad	64	0,05	3,06
Tuerca	Acero G8 SAE UNC 1/2	unidad	131	0,1	13,1
Tuerca	Acero G8 SAE UNC 5/8	unidad	12	-	-
Tuerca	Seguro Nylon SAE UNF 5/8	unidad	12	0,36	4,33
Tuerca	Acero G8 SAE UNC 3/4	unidad	28	0,56	15,68
Tuerca	Acero G8 SAE UNF 1	unidad	8	1,11	8,88
Rodela plana	SAE 3/8	unidad	22	0,02	0,44
Rodela plana	SAE 1/2	unidad	38	0,02	0,76
Rodela plana	SAE 5/8	unidad	16	0,04	0,64
Rodela plana	SAE 3/4	unidad	8	0,06	0,48
Rodela de presión	SAE 3/8	unidad	38	0,02	0,76
Rodela de presión	SAE 1/2	unidad	123	0,02	2,46
Rodela de presión	SAE 5/8	unidad	24	0,04	0,96
Rodela de presión	SAE 3/4	unidad	20	0,06	1,2
Grasero	recto SAE 3/8	unidad	8	0,22	1,73
Grasero	45° SAE 3/8	unidad	12	0,32	3,84
Seguro	exterior E26	unidad	4	0,33	1,3
Rodamiento (15/35)	SKF 6202	unidad	30	-	-
Rodamiento (25/52)	SKF 6205	unidad	8	3,04	24,29
Rodamiento (110/35)	SKF 6300	unidad	22	-	-
Rodamiento (30/72)	SKF 6306	unidad	4	-	-
Chum. Piso (1 1/4")	NBR UPC 207 1.1	unidad	2	5,63	11,25
Chum. Piso (1 1/2")	NBR UPC 208 2.4	unidad	4	9,29	37,15
Chum. Piso (1 3/4")	NBR UPC 209 1.3	unidad	4	10,09	40,36
Chum. Piso (2")	NBR UPC 211 2	unidad	2	10,89	21,78
Resortes		unidad	8	4	32
Polea	18" Aluminio	unidad	2	-	-
Polea	5" Aluminio	unidad	1	-	-
Polea	6" Aluminio	unidad	1	20	120
Polea	3,5" Hierro Fundido	unidad	2	35	70
Polea	4,5" Hierro Fundido	unidad	3	40	120
Transmisión	Cono-corona Ford 600	unidad	1	40	540
Aceite	Transmisión Texaco	caneca	1	67	67
Cable de acero	φ=3/8	metro	15	1,1	16,5
Alambre de aporte	MIG 0,9mm	rollo	3	36	108
Dióxido de Carbono	AGA	kilogramo	20	3,02	60,4
Oxigeno Industrial	AGA	cilindro	2	29,91	59,82
Tiñer		galón	5	5,14	25,7
Total					6.381,28

El costo total en materiales mecánicos para la máquina es de **6381,28 usd.**

TABLA XXII. Costos materiales hidráulicos.

Cantidad	Descripción	Desc. %	V/Unit.	Costo
1	Grupo P/Central Hidráulica AC Bomba D/Engranaje	40	2150	1290,00
3	Kompass Electroválvula 4/2 Simple Solenoide cetop 3	40	165,37	297,67
3	Kompass Bobina 110V Hidráulica cetop 3	40	0,01	0,02
3	Ficha de conexión 32 DIN 43650-A/ISO-4400	40	0,01	0,02
2	Kompass Electroválvula 4/3 centro cerrado cetop 3	40	229,69	275,63
4	Kompass Bobina 110V hidráulica cetop 3	40	0,01	0,02
4	Ficha de conexión 32 DIN 43650-A/ISO-4400	40	0,01	0,02
1	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 63 x 400 carrera	40	724,26	434,56
2	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 300 carrera	40	453,9	544,68
1	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 600 carrera	40	570,66	342,40
1	Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam 40 x 700 carrera	40	604,02	362,41
2	Aerotech Horquilla con pasador P/Cil Diam 80- 100	40	28,5	34,20
1	Kompass Horquilla P/Cil Diam 63 Hidráulica	40	66,09	39,65
1	Placa Delantera de sujeción P Cil Diam 80 AA	40	38,5	23,10
2	Basculante Post Hembra P/Cil Diam 50 AA	40	31,2	37,44
2	Basculante Post Macho P/Cil Diam 50 AA	40	42,5	51,00
4	Pie externos P/Cil Diam 63	40	16,5	39,60
2	Kompass Manifold 2 estaciones cetop 3	40	108,78	130,54
1	Kompass Sub Placa de montaje hidráulica P/cetop 3	40	54,39	32,63
27	Manguera 100R-2 1/2 ALFILES mts.	0	5,816	157,03
28	Capsula R-2 1/2 un.	0	0,8036	22,50
14	Prensada Manguera	0	1,0804	15,13
55	Accesorios (neplos, tees, uniones)	0		160,00
Total				4290,24

El costo total en materiales hidráulicos es de **4290,24 usd.**

TABLA XXIII. Costos de materiales y accesorios eléctricos y electrónicos.

Cantidad	Descripción	Desc. %	V/Unit.	Costo
1	Breaker 3P 32A	30	29,80	20,86
1	Breaker 3P 25A	30	29,80	20,86
1	Breaker 3P 16A	30	29,80	20,86
2	Breaker 2P 16A	30	18,62	26,07
1	Breaker 1P 6A	30	8,11	5,68
1	Contactador 32 A	30	58,58	41,01
1	Contactador 18 A	30	20,33	14,23
2	Contactador 12 A	30	9,49	13,29
2	Contactador 9 A	30	5,80	8,12
5	Bobina Tesys 220V	30	21,80	76,30
1	Relé térmico 23-32A	30	67,66	47,36

Cantidad	Descripción	Desc. %	V/Unit.	Costo
2	Relé térmico 12-18A	30	41,72	58,41
1	Relé térmico 7-10A	30	41,72	29,20
11	Bornera 1P 44A	30	1,52	11,70
1	Interbloqueo mecánico eléctrico	30	11,63	8,14
7	Relé 8 pines 24 VDC	30	12,42	60,86
7	Base 8 pines Telemecanique	30	4,54	22,25
2	Base fusible 10X38 Camco	30	1,80	2,52
1	Pulsador hongo con retención	30	19,63	13,74
1	Selector 3 posiciones	30	4,92	3,44
5	Pulsador verde 1 NA	30	2,95	10,33
5	Pulsador rojo 1 NC	30	2,95	10,33
3	Selector 3 posiciones retorno centro	30	17,59	36,94
2	Selector 2 posiciones con retorno	30	16,76	23,46
1	Repartidor 4P 125A Legrand	30	32,90	23,03
2	Fusible 10X38 4A Legrand	30	0,94	1,32
3	Riel DIN 35MM Acero perforado	30	3,27	6,87
2	Canaleta plástica 33X33mm	30	6,59	9,23
1	Libretin marcador Dexón	30	8,94	6,26
5	Luz piloto roja 22mm	30	3,52	12,32
5	Luz piloto verde 22mm	30	3,82	13,37
10	Foco Bayon 240V 2,4W Incandescente	30	1,59	11,13
3	Micro T. rodillo de nivel	30	16,00	33,60
6	Micro HY-LS804N	30	16,00	67,20
3	Micro limit switch Hand Young	30	16,00	33,60
1	Micro rodillo Telemecanique	0	35,00	35,00
1	PLC Twido TWDLCAA24DRT	30	313,60	219,52
1	Módulo expansión TWDDRA8RT	30	106,33	74,43
1	Módulo expansión TWDDDI8DT	30	107,95	75,57
1	Cable programación + software	30	225,73	158,01
1	Caja eléctrica 30X30 cm	0		-
1	Caja eléctrica 100X80 cm	0		-
1	Motor trifásico 10 HP	0	582,40	582,40
1	Moto reductor trifásico 3 HP	0	728,00	728,00
2	Motor monofásico 2HP	0	134,40	268,80
15	Mts. Cable concéntrico de 3 AWG 18	0	0,96	14,40
15	Mts. Cable concéntrico de 4 AWG 18	0	1,15	17,25
20	Mts. Cable concéntrico de 4 AWG 12	0		-
20	Mts. Cable concéntrico de 4 AWG 8	0		-
400	Cable flexible TFF AWG 18	0	0,16	64,00
5	Funda BX 3/4"	0	1,79	8,95
Total				3.050,19

El costo de materiales eléctricos y electrónicos de la máquina es de: **3050,19 usd.**

El costo total por materiales para la máquina automática para prefabricados de hormigón es:

TABLA XXIV. Costo total por materiales.

Materiales	Valor (usd)
Mecánicos	5456,53
Eléctricos y electrónicos	3095,60
Hidráulicos	4290,24
Total	12.842,37

b) Costos por maquinaria y equipos utilizados.

TABLA XXV. Costos por maquinaria y equipos utilizados.

Máquina/Herramienta	Costo/Hora	Horas Equipo	Costo
Torno	15	38	570
Soldadora MIG	4	120	480
Corte Plasma	6	25	150
Oxi-corte	5	8	40
Baroladora	5	8	40
Tronzadora	5	22	110
Dobladora mecánica	5	5	25
Plegadora	5	6	30
Amoladora	1	10	10
Compresor	3	32	96
Otros equipos			100
Herramienta manual	5% Mano de Obra		178,9
Total			1830

c) Costos por mano de obra.

TABLA XXVI. Costos por mano de obra.

Trabajador	Salario/Hora	Horas Hombre	Costo
Maestro mecánico	3	704	2112
Ayudante mecánico	1	704	704
Maestro eléctrico	3	254	762
Total			3578

e) Costos por transporte.

TABLA XXVII. Costos por transporte

Transporte	Costo/Flete	Cantidad	Costo
Material a taller	10	4	40
Máquina a planta	60	1	60
Otros			10
Total transporte			110

El valor total por costos directos es:

TABLA XXVIII. Valor total costos directos

Costo por	Valor (usd)
Materiales y accesorios	12.842,37
Maquinaria y equipo utilizado	1.651
Mano de obra	3.578
Transporte	110
Total costos directos	18.181,37

8.1.2 Costos indirectos.

TABLA XXIX. Costos indirectos

Detalle	Cantidad (% CD)	Valor (usd)
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	10%	1.818,14
Imprevistos	5%	909,07
Utilidad	0	-
Total costos indirectos		2.727,21

8.2 COSTOS TOTALES

Los costos totales equivalen a la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de **20908,58 usd.** (Veinte mil novecientos ocho dólares con veinte y un centavos).

8.2.1 Análisis de costos por operación y mantenimiento.

De acuerdo al diseño realizado para la máquina de construcción de prefabricados de hormigón podemos hallar un valor aproximado en cuanto se refiere a costos por operación y mantenimiento, cabe indicar, que un verdadero análisis solo se podrá obtener mediante datos estadísticos tomados en un rango de tiempo considerable de funcionamiento en la planta.

Considérese un período de trabajo de la máquina de 8 horas al día. También considérese como días laborables en un mes solo 22 días. Los datos de consumos eléctricos se toman de los respectivos catálogos y se obtiene:

TABLA XXX. Consumo eléctrico.

Consumo Eléctrico				
Detalle	Watts	Horas de trabajo	η motor	Kw.h al mes
Motor trifásico mezcladora	7460	176	0,81	1620,93
Motor trifásico elevador	2238	22	0,8	61,54
Motor trifásico Sist. Hidráulico	3730	176	0,79	830,98
Motores de vibración	2984	20	0,8	74,60
Elementos electrónicos	1000	176	0,75	234,67
TOTAL				2822,72

En nuestro país se tiene un costo promedio de energía eléctrica de 0.11 usd por kW.h; por tanto, el valor mensual a pagar por operación de la máquina será de 310,50 usd.

Otros datos a considerar serán el pago por operario, consumo de cemento, arena y por materiales propios de mantenimiento como grasa y wípe. Los valores se detallan en la siguiente tabla:

TABLA XXXI. Costos de operación y mantenimiento en un mes.

Detalle	Valor (usd)
Consumo eléctrico	310,51
Operarios	1000
Consumo de cemento	13200
Consumo de macadam triturado	4950
Consumo de agua	20
Grasa	15
Materiales para limpieza	10
TOTAL	19505,51

El costo mensual por operación y mantenimiento será de **19505,51 usd**.

8.2.2 Otros

a) Salvamento de la máquina

Para efectos de cálculos de rentabilidad, se hace necesaria la estimación de un valor de salvamento de la máquina para prefabricados de hormigón al momento en el que haya terminado su vida legal contable. Se estima un valor de salvamento del 10 % del costo de inversión en función de que los elementos constitutivos de la máquina, en especial los electrónicos, seguirán funcionando al término de su vida útil contable. Se tiene:

Inversión: $P = 20.908,58$ usd.

Salvamento de la máquina: $S = 10\% * P$

$$S = 0,10 * 20.908,58 \text{ usd}$$

$$S = 2090,86 \text{ usd.}$$

b) Depreciación de la máquina

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso a que se les somete y su función productora de renta. En la medida en que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

La vida contable de un activo fijo depreciable comienza desde la fecha en que la empresa lo compra y lo empieza a explotar económicamente hasta la fecha en que se cumple su depreciación total. Las leyes tributarias de nuestro país determinan una vida legal para maquinaria y equipos de 10 años.

El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto.

Aplicando este método a la máquina para la construcción de los prefabricados se tiene una depreciación anual de:

Inversión: $P = 20.908,58$ usd

Salvamento: $S = 2090,86$ usd

Vida útil contable: $n = 10$ años

Depreciación anual:

$$Da = \frac{P-S}{n}$$

$$Da = 1881,772 \text{ usd}$$

La depreciación anual, acumulada y el valor en libros de la máquina para prefabricados al final de cada uno de los años de vida útil, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

TABLA XXXII. Depreciación anual de la máquina.

Año	Depr. Anual (usd)	Depr. Acumulada (usd)	Valor en libros (usd)
0	0	0	20908,58
1	1881,77	1881,77	19026,81
2	1881,77	3763,54	17145,04
3	1881,77	5645,32	15263,26
4	1881,77	7527,09	13381,49
5	1881,77	9408,86	11499,72
6	1881,77	11290,63	9617,95
7	1881,77	13172,40	7736,18
8	1881,77	15054,18	5854,4
9	1881,77	16935,95	3972,63
10	1881,77	18817,72	2090,86

c) Análisis del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio se presenta cuando el ingreso cubre los costos fijos y variables generados en la producción de los prefabricados de hormigón. Para la instalación de la planta mencionada en los antecedentes se tendrá un análisis real del punto de equilibrio contemplando todo el proceso de la producción de los prefabricados. Los datos de costos que se estiman para el primer año de funcionamiento se detallan en la tabla siguiente:

TABLA XXXIII. Costos fijos y costos variables de funcionamiento.

Concepto	Costo fijos	Costos variables
Consumo eléctrico	-	3726,12
Arriendo de la planta	4800	
Operario	12000	-
Consumo de macadán	-	35640
Consumo de cemento		102960
Consumo de agua	-	240
Grasa	-	180
Materiales para limpieza	120	-
Depreciación	1881,77	-
TOTAL	18801,77	142746,12

Inversión:

P = 20908,58 usd.

Producción mínima mensual de la máquina:

Período de trabajo: $P_t = 8$ h/día

Producción: $P_h = 390$ u/h

Días al mes: $D_t = 22$ días

Producción mensual: $P_m = P_t * P_h * D_t = 68640$ u/mes

Ingreso anual:

Costo por producto: $C_p = 0.22$ usd

Ingreso mensual: $I_m = P_m * C_p = 15100,80$ usd.

Ingreso anual: $I_a = I_m * 12 = 181209,60$ usd.

Aplicando la fórmula para el punto de equilibrio y reemplazando valores se tiene:

$$PE = \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \frac{\text{Costo variable}}{\text{Ventas totales}}}$$

$$PE = 88579,127 \text{ usd}$$

Como el ingreso se calcula a razón de 0,22 usd por adoquín. El número de adoquines que se requiere vender para llegar al punto de equilibrio es:

$$\begin{aligned} n_{\text{adoquines}} &= \frac{PE}{0.22 \text{ usd}} \\ n_{\text{adoquines}} &= 402632,4 . \end{aligned}$$

Con una producción de 390 unidades por hora de la máquina, se requerirán 1032,40 horas de trabajo; a un ritmo de 8 horas de trabajo por cada día y 22 días por mes se necesitará un tiempo de 5,87 meses para llegar al punto de equilibrio.

CAPÍTULO IX

9. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

9.1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

9.1.1 Indicaciones básicas para el montaje.

Se debe instalar la máquina en un área con cubierta para protección de lluvias; el tablero eléctrico de control se debe encontrar en una área seca, libres de aceite, corrientes de aire o ambientes de grasa que afecte el buen funcionamiento de los controles eléctricos de la máquina.

a) Anclaje y nivelación:

Antes del montaje se debe realizar una fundición del concreto en el área donde se va a instalar la máquina ya que es necesario nivelarla correctamente para su buen funcionamiento.

El anclaje de la máquina se lo realiza con pernos de expansión colocados en los 12 puntos de sujeción que se indican en los planos, además se colocarán elementos cauchotables en los puntos de apoyo sobre el piso para absorber la vibración y aumentar la vida útil.

b) Ensamble:

Se debe observar y verificar que todas las partes mecánicas y eléctricas de la máquina estén conectadas adecuadamente según lo estipulado en planos. De igual forma es importante verificar el nivel de aceite hidráulico en el sistema.

c) Acometidas:

Hay que verificar que se encuentre correctamente acopladas todas las tuberías al sistema hidráulico y de igual forma la red eléctrica de acuerdo con la descripción de los planos respectivos.

d) Acometida eléctrica:

La acometida es trifásica a 220 V con neutro y una frecuencia de 60 Hz, protegida por un disyuntor de tres polos de 125 amperios. , en alambre concéntrico de 4 AWG8.

e) Acometida hidráulica:

TABLA XXXIV. Requerimientos hidráulicos para montaje del sistema hidráulico.

Diámetro mangueras de presión	½ in.
Presión de trabajo	2000 Psi.
Presión tarada del relief	2200 Psi.
Consumo de aceite	4,2 GPM.

Capacidad de volumen en el reservorio	10 GAL.
---------------------------------------	---------

9.2 OPERACIONES DE MONTAJE Y TIEMPOS DE LAS PARTES.

Los tiempos utilizados para el montaje de los diferentes elementos de la máquina se detallan en las siguientes tablas:

TABLA XXXV. Montaje de la mezcladora.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M1	Traslado de elementos al sitio de trabajo	2
M2	Montaje del cono-corona	1
M3	Montaje del cardan	0,2
M4	Montaje de poleas	0,3
M5	Montaje del motor trifásico	0,5
M6	Acople de poleas y bandas (templadas)	0,5
TOTAL		4.5

TABLA XXXVI. Montaje del sistema de elevación para mezcla por cangilón.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M7	Traslado de elementos al sitio de trabajo	2
M8	Montaje de la estructura principal	1,5
M9	Montaje de la tolva	1
M10	Acople de eje con tambores enrolladores de cable y catalina	0,5
M11	Acople de chumaceras a eje	0,2
M12	Montaje de enrollador de cable en estructura	0,2
M13	Montaje de motoreductor	0,5
M14	Acople de catalinas y cadena a motor y enrollador de cable	0,3
M15	Acople de rodamientos a ruedas de cangilón	0,25
M16	Acople de soporte para cable a cangilón	0,4
M17	Montaje de cangilón a estructura	0,25
M18	Acople de cable a cangilón y enrollador de cable	0,5
TOTAL		4.5

TABLA XXXVII. Montaje de estructura de vibrocompactadora

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M19	Traslado de elementos al sitio de trabajo	2
M20	Montaje de puente para compresión	0,6
M21	Montaje de mesa vibratoria	0,25
M22	Montaje de ejes guías para moldes	0,5
TOTAL		3,35

TABLA XXXVIII. Montaje de los moldes.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M23	Traslado de elementos al sitio de trabajo	1

M24	Acople de macho con estructura de molde	1
M25	Acople de sujetador para macho - macho adoquín	1
Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M26	Acople de placa sujetadora de molde contra bujes	0.5
M27	Acople de guías con macho adoquín	0.5
M28	Montaje de macho adoquín con cilindro de compresión	0,5
M29	Acople de molde adoquín – sujetador de molde contra bujes	0.5
M30	Acople de guías con molde adoquín	0.5
M31	Montaje de molde adoquín con cilindros de desmolde	0,5
M32	Acople de brazos para sincronización de desmolde con eje	0.5
M33	Montaje de mecanismo de sincronización – molde adoquín	0,5
TOTAL		7,0

TABLA XXXIX. Montaje del sistema de alimentación de mezcla.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M34	Traslado de elementos al sitio de trabajo	1
M35	Montaje de la mesa principal	0.5
M36	Montaje de guías para mesa	0.5
M37	Acople de rodamientos en ejes	0.5
M38	Acople de ruedas para carro transportador de mezcla	0.5
M39	Montaje de carro transportador de mezcla	0.5
M40	Acople de empaque en boca de carro transportador	0.5
M41	Montaje de funda metálica en tolva – carro transportador	0.5
M42	Acople de Placa base – cilindro hidráulico	0.5
M43	Montaje de cilindro hidráulico con carro transportador	0.5
TOTAL		5,5

TABLA XL. Montaje del sistema de alimentación de tableros.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M44	Traslado de elementos al sitio de trabajo	0,5
M45	Montaje de la estructura principal	0.5
M46	Montaje de ruedas deslizantes para tableros	1
M47	Acople de guías para mecanismo jalador de tableros	0.5
M48	Montaje de cilindro hidráulico con mecanismo	0.5
TOTAL		5,5

TABLA XLI. Montaje del sistema de vibración.

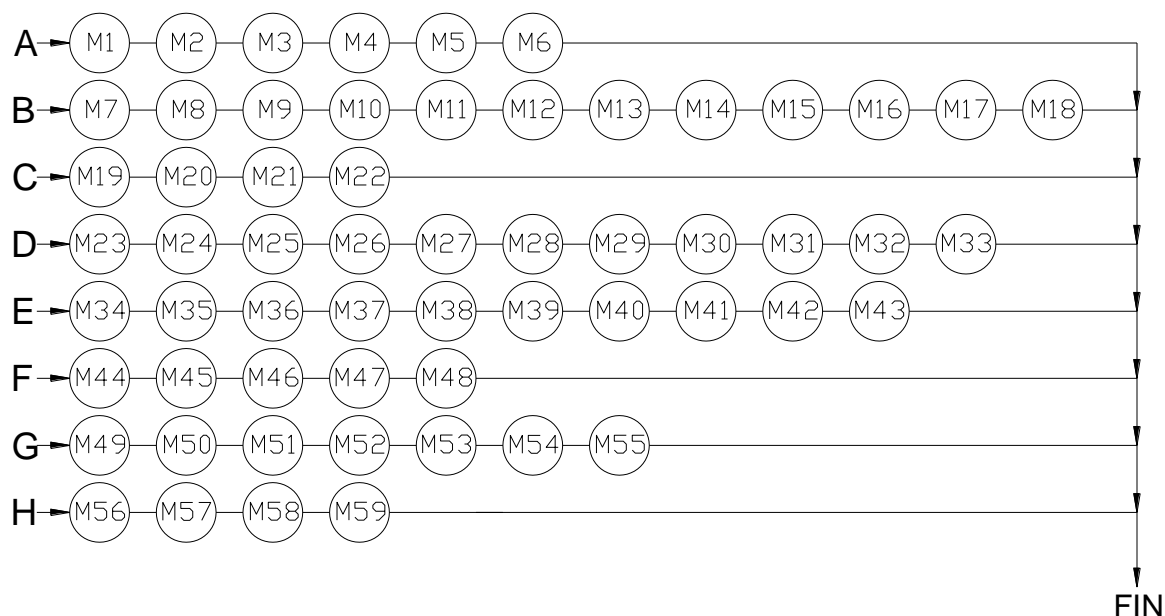
Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M49	Traslado de elementos al sitio de trabajo	0,5
M50	Montaje de excéntricas con ejes	0,3
M51	Montaje de chumaceras en ejes	0,3
M52	Montaje de poleas en ejes	0,3
M53	Montaje de vibración en mesa	0.5
M54	Montaje de motores para vibración	0,5
M55	Acople de bandas en sistema de vibración	0,3

TOTAL	2,7
--------------	------------

TABLA XLII. Montaje del sistema hidráulico.

Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M56	Traslado de elementos al sitio de trabajo	1
M57	Montaje de la central hidráulica	0,5
M58	Acople de mangueras de presión a cilindros hidráulicos	1
M59	Acople de mangueras de presión a electroválvulas	0,5
TOTAL		3,0

Flujograma de montaje.



9.3 OPERACIÓN INICIAL DE LA MÁQUINA.

Antes de proceder a una producción continua de los prefabricados de hormigón es conveniente observar los siguientes pasos:

- Conectar línea de energía, según acometida eléctrica.
- Energizar el tablero de control.
- Comprobar que todos los elementos funcionen correctamente, para esto se utiliza los mandos manuales.
- Encender motores del sistema hidráulico y mezcladora.
- Verificar que la presión de trabajo sea la correcta.
- Accionar los cilindros hidráulicos manualmente y observar que los finales de carrera trabajen correctamente.
- Verificar que no existan fugas en mangueras y central hidráulica.
- Accionar sistema de elevación y verificar que se produzca el volteo.

- i) Accionar el sistema de vibración y verificar que el vibrado sea el necesario, en caso de requerir mayor o menor vibración se puede regular con el movimiento de las masas.
- j) Accionar alimentador de tableros y verificar que se produzca el centrado del mismo en el molde caso contrario manipular la carrera del cilindro.
- k) Verificar si el programa del PLC es el correcto para el funcionamiento de la máquina.
- l) Arrancar la máquina en vacío y verificar si todos los finales de carrera se activan correctamente.
- m) Elevar el cangilón sin material automáticamente y verificar si se produce el volteo correcto, caso contrario regular el final de carrera.
- n) Realizar un proceso sin material para ver si los actuadores se activan correctamente.
- o) Ver si la compresión del producto es el correcto, caso contrario aumentar presión.
- p) Verificar que no exista partículas de gran tamaño antes del arranque en la mezcladora, ya que las paletas se pueden atrancar y puede causar graves accidentes.

9.4 MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

9.4.1 Mantenimiento mecánico.

- a) El mantenimiento mecánico que se requiere para esta máquina no es tan riguroso. Sin embargo se prevé un mantenimiento de tipo preventivo, en las partes eléctricas, mecánicas e hidráulicas, para garantizar su buen funcionamiento.
- b) Antes de empezar con la producción diaria, lubricar con grasa todos los mecanismos móviles tales como guías de moldes, mecanismos de sincronización, rodamientos de ruedas de elevador y de alimentador de mezcla, etc.
- c) Después de cada jornada de trabajo de la máquina se debe limpiar todas las partículas de producto y de polvo depositadas en el molde, cajón de alimentación, mesa vibratoria, elevador y demás mecanismos.
- d) Comprobar regularmente ajuste de pernos, tuercas, etc.
- e) Revisar cada seis meses todos los sistemas de la máquina y verificar que todos sus elementos trabajen correctamente.
- f) Cambiar cable de acero del elevador después de haber cumplido su vida útil.
- g) Verificar que las paletas y sus pernos de sujeción de la mezcladora no sufran desgaste caso contrario cambiarlo.

9.4.2 Mantenimiento hidráulico.

Para un óptimo desempeño de la central hidráulica se debe realizar las siguientes inspecciones:

9.4.2.1 Inspección diaria o cada 10 horas.

- a) Comprobar el nivel de fluido hidráulico.
- b) Comprobar que no haya fugas de aceite en la bomba, en las mangueras, líneas hidráulicas, en la zona del depósito y cilindros hidráulicos.

9.4.2.2 Inspección mensual o cada 250 horas.

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas.
- b) Comprobar el estado de las conexiones en todas las líneas hidráulicas.

9.4.2.3 Inspección trimestral o cada 500 horas.

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 y las 250 horas.
- b) Cambiar el filtro hidráulico.
- c) Comprobar que los tornillos de los soportes y bombas hidráulicas no están flojos o se han perdido.

9.4.2.4 Inspección semestral o cada 1000 horas.

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250 y las 500 horas.
- b) Comprobar la presión del sistema hidráulico.
- c) Comprobar los tiempos de ciclo e índices de desviación del sistema hidráulico.
- d) Comprobar que los orificios de desagüe de la bomba no tengan fugas.

9.4.2.5 Inspección semestral o cada 1000 horas.

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250, 500 y las 1000 horas.
- b) Cambiar el aceite hidráulico y lavar las rejillas de la boca de llenado.

TABLA XLIII. Problemas frecuentes y posibles soluciones.

PROBLEMA	CAUSA	POSIBLES SOLUCIONES
Motor eléctrico no funciona	Térmicos disparados.	Accionar reset de los térmicos en el panel de control eléctrico.
	Breakers quemados.	Cambiar breakers.
Elevador no funciona.	Final de carrera no activa.	Cambiar final de carrera.
	Contactores no accionan.	Verificar contactos y conexiones.
	Temporizador no funciona.	Revisar programa.
	Reductor averiado.	Revisar transmisión de engranes.
Moldes no accionan	Cilindros no accionan.	Revisar empaques, retenedores.
	Guías atrancadas.	Engrasar bujes.
	Válvulas no accionan.	Revisar relés auxiliares, conexiones eléctricas.
Vibración no correcta.	Excentricidad no adecuada.	Regular excéntricas.
	Bandas no templadas o dañadas.	Templar bandas o cambiar.
	Chumaceras dañadas.	Reemplazar chumaceras.
	Motor no gira.	Revisar cableado, térmico.
Alimentador de tableros no acciona.	Mecanismo averiado.	Revisar guías, cambiar cimbras fatigadas.
	Tableros averiados.	Revisar guía de tableros.
	Cilindro no actúa.	Revisar empaques, retenedores, válvula.
Alimentador de mezcla no acciona.	Ruedas averiadas.	Cambiar rodamientos, engrasar.
	Cilindro no acciona.	Revisar empaques, retenedores, válvula.
Mezcla no homogénea	Falta tiempo de mezclado.	Aumentar tiempo.
Productos con fallas.	Falta de material en molde.	Revisar alimentador de mezcla.
	Desgaste de molde.	Cambiar molde.
	Desmolde inadecuado.	Revisar presión de compresión.
Máquina no acciona.	Pulsador de emergencia activado.	Revisar posición de pulsador.
	Ausencia de energía o presión de aceite.	Revisar acometidas, central hidráulica.
Revoluciones de vibrado no adecuadas.	Bandas no templadas.	Templar bandas.
Pérdidas de aceite	Vástago doblado o rayado	Inspección /reparación del componente
	Empaques dañados o inadecuadas	

PROBLEMA	CAUSA	POSIBLES SOLUCIONES
Pérdidas de aceite	Sellado defectuoso de la manguera y acoplamiento	Asegurar la manguera
	Conexión de la manguera mal apretada	
Funcionamiento ruidoso	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite.
	Filtro obstruido	Inspección /reparación del componente
	Bomba desgastada	
	Válvula de seguridad averiada	
Calentamiento excesivo	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite.
	Válvula de descarga no acciona.	Revisar Electroválvulas, bomba o filtro.
	Filtro obstruido	
	Bomba desgastada	
	Válvula de seguridad averiada	
	Aceite de viscosidad inadecuada	Revisar aceite
Ciclos lentos	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite.
	Vástagos de los cilindros dañados	Inspección /reparación del componente
	Válvula averiada	
	Bomba desgastada	
Movimiento excesivo de la manguera	Alineación y fijación de la manguera deficientes	Inspección /reparación del componente
	Aeración o cavitación	
Válvulas hidráulicas no accionan.	Neutro desconectado en acometida.	Revisar acometida.
	Contactos de relés auxiliares pegados.	Revisar relés en tablero de control.
	Bobinas quemadas.	Cambiar bobinas.

CAPÍTULO X

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1 CONCLUSIONES

- En el mercado nacional se elaboran máquinas manuales para la construcción de prefabricados de hormigón. Estos prototipos han servido para hacer una recopilación, selección, adaptación, rediseño e implementación de mecanismos y sistemas para obtener una mejor alternativa en la construcción de máquinas para la construcción de los prefabricados de hormigón.
- El mecanismo más sensible y que requiere mayor atención se da en la mezcladora. Se pudo observar que hay una constante fricción entre la mezcla y las paredes de las ollas, esta fricción puede traer un desgaste prematuro de las planchas de acero con que se confeccionaron las paredes. Se puede concluir que dichas planchas tienen que ser revestidas ya sea con otra plancha resistente al desgaste o con una malla electro soldada y fundida de concreto.
- De entre los sistemas de mezclado más adecuado que se ha previsto utilizar es el mezclador de turbina, ya que este sistema se acopla a las necesidades requeridas para el trabajo debido a que se necesita una mezcla homogénea y a las características de materiales con las que se va a trabajar para la fabricación de los prefabricados de hormigón.
- Los coeficientes de seguridad de los elementos que conforman la máquina para la construcción de prefabricados son un poco altos, ya que la función que van a realizar requiere de elementos robustos y compactos. Por otro lado la arquitectura de todas las partes requiere que las dimensiones de muchas de ellas sean concordantes con el resto.
- Un proceso muy importante en la máquina automática para los prefabricados de hormigón es el vibrado en la compresión de la mezcla lo que se conoce como vibrocompresión. Con este proceso se tiene compacidad y ausencia de poros, lo que conduce a tener varias ventajas como: mayor resistencia mecánica, disminución de la permeabilidad, mayor densidad, tendencia reducida a la contracción, además de economía de cemento.
- Como la fuerza requerida en la fase de compresión es alta se optó por utilizar un sistema hidráulico, el mismo que dota de grandes fuerzas para los movimientos de los elementos en espacios reducidos de montaje. A más de esto con la hidráulica se pueden obtener

movimientos rápidos, controlados y precisos, necesarios para la máquina de prefabricados de hormigón.

- Se ha procurado hacer uso de elementos electrónicos para el control y automatización de los accionamientos de la máquina para la fabricación de prefabricados, Estos elementos proveen un control seguro, rápido, eficaz y sin desgaste en relación a seguidores de levas, contactores u otros elementos que generalmente han venido siendo usados en la construcción de máquinas.
- Cuando se construye un prototipo de una máquina siempre se incurre en costos adicionales por diseño y en riesgos en la adquisición de elementos o en la construcción misma ya que en ocasiones un elemento se lo construye o se lo adquiere más de una vez debido a errores e inexperiencia. Sin embargo una gran ayuda para minimizar estos egresos son los programas computacionales con aplicaciones CAD. En este caso se utilizó el software Solid Works.
- El calor que pueda generarse en el sistema hidráulico por el consumo de energía en los tiempos muertos, evacuación de flujo a través del relief pueden ser ostensiblemente reducidos utilizando una válvula (descarga) la cual envía el aceite hidráulico directo al tanque, de esta forma puede obviarse el uso de un intercambiador de calor para enfriamiento forzado del aceite con lo que no se va a producir calor al actuar el relief. Es así como este riesgo se resolvió en este prototipo.

10.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario que se tenga mucho cuidado con los agregados en el mezclado ya que de contener piedras u objetos de gran diámetro pueden causar un atrancamiento de las paletas. Esto puede dañar la transmisión o el motor, Por eso se recomienda que los agregados sean triturados o cernidos previamente.
- La limpieza de cualquier elemento siempre se lo debe hacer con la máquina apagada ya que los elementos en movimiento podrían causar accidentes graves.
- Para el traslado, montaje y conexión de la máquina se debe seguir cuidadosamente los pasos descritos en el Capítulo IX. De ello dependerá el correcto funcionamiento de la misma.
- Se debe cumplir con un mantenimiento periódico de la máquina, así se asegura la vida útil de los sistemas que la componen. Igualmente se debe efectuar un chequeo periódico de juntas, uniones y conexiones.

- El incursionar en proyectos de construcción de maquinaria para prefabricados de hormigón en el campo industrial nos ofrece una gran perspectiva de la Ingeniería Mecánica, especialmente en nuestro país ya que aquí no se cuenta con tecnología avanzada en este campo. Por ello se recomienda a los futuros profesionales a orientarse en proyectos relacionados a este sector productivo en pro del desarrollo de nuestro país y la generación de fuentes de trabajo.

10.3 RECOMENDACIONES PARA UNA FUTURA OPTIMIZACIÓN

- Para obtener la mezcla en tiempo menor y con una mejor dosificación, se debería colocar un sistema de tolvas y silos para los materiales, así disminuirá el tiempo en este proceso y se conseguirá incrementar la capacidad de producción de la máquina. No se descarta el probar otros tipos de dosificadores buscando aumentar la producción sin que esto afecte a la calidad de producto terminado.
- Para poder tener una velocidad de rotación regulable en el eje de la mezcladora se recomienda realizar un estudio para remplazar el sistema de transmisión mecánico por un sistema hidráulico, con esto también se tendría una reducción del espacio físico ocupado por las transmisiones.
- Una vez expulsado el producto terminado de la máquina, el retiro de los tableros con los prefabricados de hormigón se lo realiza manualmente, un complemento ideal para este proceso sería la dotación de bandas transportadoras a la salida de los tableros que conduzcan hacia las áreas de secado. Así se evitaría el agotamiento físico de los operarios y el deterioro del producto, y por ende se evitaría tiempos muertos en este proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] PERRY, R. Perry Manual del Ingeniero Químico. 3ra.ed. México: McGraw-Hill, 1992.
- [2] FREDERICK, S. Manual del Ingeniero Civil. 4ta.ed. México: McGraw-Hill, 1992.
- [3] PIRELLI. Catálogo de Bandas.
- [4] NOVILLO, G. Diseño de Máquinas II (Documento).
- [5] NOVILLO, G. Apuntes de Diseño de Máquinas II (Documento).
- [6] SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ta.ed.ed. México: McGraw-Hill, 1990.
- [7] ALEXÁNDROV, M. Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte. Moscú: Mir, 1976.
- [8] FAIRES, M. Diseño de Elementos de Máquinas México: Limusa, 2003.
- [9] LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 13ra.ed. Madrid: Paraninfo, 2001.
- [10] HAMROCK, B. Elementos de Máquinas. México: McGraw-Hill, 2000.
- [11] SOLID WORKS. Software de Modelado 3D.
- [12] BOHMAN, I. Catálogo de Aceros. 2000
- [13] Internet. Coeficientes de fricción.
- [14] PAUCAR, J. Diseño y Construcción de una Bloquera Semiautomática por Vibrocompresión. Riobamba ESPOCH, 1984 (TESIS).
- [15] INSTITUTO ALEMÁN DE NORMALIZACIÓN (DIN). NORMA 18152
- [16] POLEAS. Catálogo de Poleas.
- [17] MORÁN, I. Introducción a los Sistemas Hidráulicos (Documento).
- [18] SPERRY-VICKERS. Industrial catálogo.
- [19] PLÁSTICOS. Propiedades de los Plásticos.
- [20] LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 2da.ed. Madrid: Paraninfo, 1990.
- [21] SKF. Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.
- [22] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Adoquines Requisitos. Norma 1488. Octubre, 1986.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXÁNDROV, M. Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte. Moscú: Mir, 1976.
- AVALLONE, E. Manual de Ingeniero Mecánico. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 1984.
- FAIRES, M. Diseño de Elementos de Máquinas México: Limusa, 2003.
- FREDERICK, S. Manual del Ingeniero Civil. 4ta.ed. México: McGraw-Hill, 1992.
- HAMROCK, B. Elementos de Máquinas. México: McGraw-Hill, 2000.
- LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 2da.ed. Madrid: Paraninfo, 1990.
- LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 13ra.ed. Madrid: Paraninfo, 2001.
- MOTT, R. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ta.ed. México: Pearson, 2006
- PERRY, R. Perry Manual del Ingeniero Químico. 3ra.ed. México: McGraw-Hill, 1992.
- SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ta.ed.ed. México: McGraw-Hill, 1990.
- PAUCAR, J. Diseño y Construcción de una Bloquera Semiautomática por Vibrocompresión. Riobamba ESPOCH, 1984 (TESIS).
- NOVILLO, G. Apuntes de Diseño II (Documento).
- MORÁN, I. Introducción a los Sistemas Hidráulicos (Documento).
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Adoquines Determinación de la resistencia a la compresión. Norma 1485. Octubre, 1986.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Adoquines Determinación de las dimensiones, Área total y Área de la superficie de desgaste. Norma 1486. Octubre, 1986.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Adoquines Requisitos. Norma 1488. Octubre, 1986.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Código de Dibujo Técnico Mecánico. Normalización Número 009. Ecuador, 1981.
- INSTITUTO ALEMÁN DE NORMALIZACIÓN (DIN). NORMA 18152
- AGA. Catálogo de Selección de Electrodo.
- BOHMAN, I. Catálogo de Aceros. 2000
- IPAC. Catálogo de Selección de Perfiles.

PIRELLI. Catálogo de Bandas.

PLÁSTICOS. Propiedades de los Plásticos.

POLEAS. Catálogo de Poleas.

SKF. Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.

SOLID WORKS. Software de Modelado 3D.

SPERRY-VICKERS. Industrial catálogo.

LINKOGRAFÍA.

Bombas Hidráulicas:

<http://www.kompass.com.tw/product/pumps14.hmt>
2008-01-15

Electroválvulas Hidráulicas:

<http://www.kompass.com.tw/product/fa/26.htm>
2008-01-15
<http://www.kompass.com.tw/product/fa/27-1.hmt>
2008-01-15

Cilindros Hidráulicos:

<http://www.kompasspain.com/htm/newpage2-H.htm>
2008-01-15

Cilindros Hidráulicos:

<http://www.kompass.com.tw/product/fa/22-1.htm>
2008-01-15

Motores y Contactores:

<http://www.siemens.com>
2008-05-20

PLC TWIDO:

<http://www.telemecanique.es>
2008-05-20

Perfiles Metálicos:

[http:// www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)
2007-12-15

Perdidas en Distribuidores Hidráulicos:

<http://www.atos.com>
2008-01-15

Filtro de Retorno:

<http://www.kompass.com.tw/product/fa/42-3.htm>
2008-01-15

Acoplamientos Elásticos:

<http://www.kompasspain.com/htm/newpage2-I-10.htm>
2008-01-15

ANEXOS

ANEXO A1

TABLA 7.14 Coeficiente K_a de presión activa lateral

$\phi =$	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
$\beta = 0$	$\alpha = 0$	0.70	0.59	0.49	0.41	0.33	0.27
	$\alpha = 10^\circ$	0.97	0.70	0.57	0.47	0.37	0.30
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	0.88	0.57	0.44	0.34
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.75	0.43
	$\alpha = \phi$	0.97	0.93	0.88	0.82	0.75	0.67
$\beta = 10^\circ$	$\alpha = 0$	0.76	0.65	0.55	0.48	0.41	0.33
	$\alpha = 10^\circ$	1.05	0.78	0.64	0.55	0.47	0.38
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.02	0.69	0.55	0.45
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.92	0.56
	$\alpha = \phi$	1.05	1.04	1.02	0.98	0.92	0.86
$\beta = 20^\circ$	$\alpha = 0$	0.83	0.74	0.65	0.57	0.50	0.43
	$\alpha = 10^\circ$	1.17	0.90	0.77	0.66	0.57	0.49
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.21	0.83	0.69	0.57
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.17	0.73
	$\alpha = \phi$	1.17	1.20	1.21	1.20	1.17	1.12
$\beta = 30^\circ$	$\alpha = 0$	0.94	0.86	0.78	0.70	0.62	0.56
	$\alpha = 10^\circ$	1.37	1.06	0.94	0.83	0.74	0.65
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.51	1.06	0.89	0.77
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.55	0.99
	$\alpha = \phi$	1.37	1.45	1.51	1.54	1.55	1.54

TABLA 7.15 Ángulos de fricción interna y pesos específicos de suelos

Tipo de suelo	Densidad o consistencia	Ángulo de fricción interna ϕ , grados	Peso unitario w , lb/ft ³
Arena gruesa o arena con grava	Compacto	40	140
	Suelto	35	90
Arena media	Compacto	40	130
	Suelto	30	90
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacto	30	130
	Suelto	25	85
Limo uniforme	Compacto	30	135
	Suelto	25	85
Arcilla-limo	Suave a mediana	20	90-120
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	90-120
Arcilla	Suave a mediana	0-10	90-120

ANEXO A2

Tabla 1. — Valores de C_v de corrección de potencia, según las condiciones de trabajo y naturaleza de la carga.

Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	motor eléctrico	motor de explosión	
			n. cil. > 4	n. cil. < 4
Ligero	Servicio intermitente — funcionamiento ≤ 6 horas diarias sin una punta de carga.	1	1,1	1,2
Normal	Funcionamiento de 6 + 16 horas día — puntas de carga o puesta en marcha $\leq 150\%$ del trabajo a plena carga.	1,2	1,2	1,4
Pesado	Puntas de carga o puesta en marcha $\leq 250\%$ del trabajo a plena carga — servicio continuo 10 + 24 horas día.	1,4	1,3	1,6
Muy pesado	Puntas de carga > 250% del trabajo a plena carga — funcionamiento continuo.	1,8	1,5	2

Nota: Si se ha previsto la instalación de poleas tensores, deberá aumentarse el valor de C_v en 0,1 para los sistemas que actúan interiormente y en 0,2 para los que actúan exteriormente. Dichas poleas han de aplicarse siempre sobre el ramal tenso.

Gráfico 1. — Elección de la sección de la correa.

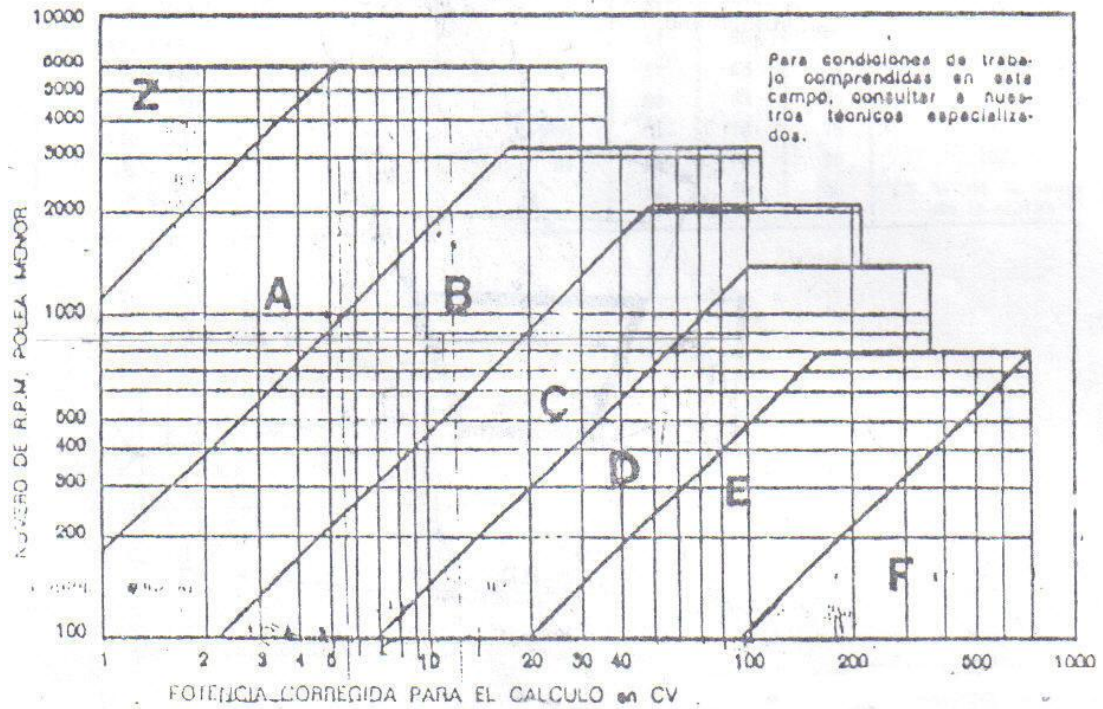


Tabla 2. — Diámetros primitivos mínimos en función del ángulo de las gargantas.

Z	A	B	C	D	E	F	Ángulo de gargantas
$\geq 90 \text{ mm}$	≥ 125	≥ 200	≥ 300	≥ 500	≥ 630	≥ 750	38°
—	—	—	de 200 a 280	de 355 a 475	de 500 a 600	de 670 a 710	36°
de 50 a 80	de 75 a 118	de 125 a 160					34°

Nota: Para diámetros primitivos inferiores a los indicados pueden tolerarse ángulos β de gargantas de 34° . Para estas transmisiones de carácter excepcional consultar a nuestros técnicos.

ANEXO A3

CORREAS TRAPECIALES OLEOSTATIC PIRELLI DE SERIE

T-61a 4 (continuación)

SECCION	TIPO	Longitud nominal	
		interior	primitiva
B (mm 17 x 11)	B 35 (1-B)	889	932
	B 38 (2-B)	965	1.008
	B 39 (3-B)	991	1.034
	B 40	1.015	1.059
	B 42 (4-B)	1.067	1.110
	B 42 1/4	1.086	1.129
	B 45	1.143	1.186
	B 46 (5-B)	1.168	1.211
	B 48 (5-B-1)	1.219	1.262
	B 50 1/4	1.276	1.319
	B 51 (6-B)	1.295	1.338
	B 51 1/2	1.308	1.351
	B 53 1/4	1.353	1.396
	B 54 1/2	1.384	1.427
	B 55	1.397	1.440
	B 56 (7-B)	1.422	1.485
	B 57 1/2	1.460	1.503
	B 58 3/4	1.492	1.535
	B 60 (8-B)	1.524	1.587
	B 60 1/4	1.543	1.588
	B 62 (9-B)	1.575	1.618
	B 68 (10-B)	1.727	1.770
	B 70	1.778	1.821
	B 75 (11-B)	1.905	1.948
	B 77 1/4	1.975	2.018
	B 81 (12-B)	2.057	2.100
	B 83 1/4	2.115	2.158
	B 85 (13-B)	2.159	2.202
	B 87 1/2	2.223	2.266
	B 90 (14-B)	2.286	2.329
	B 97 (15-B)	2.464	2.507
	B 104 (15-B-2)	2.642	2.685
	B 105 (16-B)	2.667	2.710
	B 112 (17-B)	2.845	2.888
	B 120 (18-B)	3.048	3.091
	B 130	3.302	3.345
	B 136 (19-B-3)	3.454	3.497
	B 144	3.658	3.701
	B 153 (21-B)	4.013	4.056
	B 163	4.140	4.183
	B 173 (22-B)	4.394	4.437
	B 180 (24-B)	4.572	4.615
	B 195 (25-B)	4.953	4.996
	B 210	5.334	5.377
	B 224 (26-B-2)	5.690	5.733
	B 248 (27-B-1)	6.299	6.342
	B 270 (28-B)	6.858	6.901
	B 300 (29-B)	7.620	7.663
C (mm 22 x 14)	C 43 1/4	1.099	1.161
	C 51 (1-C)	1.295	1.357
	C 55 1/4	1.403	1.465
	C 60 (2-C)	1.524	1.586
	C 62 1/2	1.588	1.650
	C 66 1/2	1.689	1.751
	C 75 (3-C)	1.905	1.967

ANEXO A4

Apuntes de Diseño II-Ing. G. Novillo

Tabla 18.9 Presiones de aplastamiento máximas permisibles para varios materiales de poleas y tipos de cables. [J.E. Shigley y L.D. Mitchell, *Mechanical Engineering Design*, 4e, © 1983 de McGraw-Hill. Reproducida con autorización de The McGraw-Hill Companies.]

	Material				
	Madera ^a	Hierro fundido ^b	Acero fundido	Hierro fundido enfriado ^c	Acero al manganeso ^d
Cable	Presión de apoyo permisible, p_{perm} , psi				
Configuración regular					
6 × 7	150	300	550	650	1 470
6 × 19	250	480	900	1 100	2 400
6 × 37	300	585	1 075	1 325	3 000
8 × 19	350	680	1 260	1 550	3 500
Configuración Lang					
6 × 7	165	350	600	715	1 650
6 × 19	275	550	1 000	1 210	2 750
6 × 37	340	660	1 180	1 450	3 300

^a En grano de extremo de madera de haya, nogal americano o de goma.

^b Para H_s (min) = 125.

^c 30-40 al carbono; H_s (min) = 160.

^d Úsese sólo con dureza superficial uniforme.

^e Para altas velocidades con poleas balanceadas que tengan superficies maquinadas.

Tabla 18.8 Factores de seguridad mínimos para una variedad de aplicaciones de cables. [J.E. Shigley y L.D. Mitchell, *Mechanical Engineering Design*, 4e, © 1983 de McGraw-Hill. Reproducida con autorización de The McGraw-Hill Companies.]

Aplicación	Factor de seguridad, ^a n
Cables de vía	3.2
Tirantes	3.5
Tiros de mina, pies	
Hasta 500	8.0
1 000-2 000	7.0
2 000-3 000	6.0
Más de 3 000	5.0
De izamiento	5.0
De arrastre	6.0
Grúas y cabrias	6.0
Montacargas eléctricos	7.0
Elevadores manuales	5.0
Elevadores privados	7.5
Elevadores manuales de servicio	4.5
Elevadores de granos	7.5
Elevadores de pasajeros, pies/min	
50	7.60
300	9.20
800	11.25
1 200	11.80
1 500	11.90
Elevadores de carga motorizados, pies/min	
50	6.65
300	8.20
800	10.00
1 200	10.50
1 500	10.55
Elevadores de servicio, pies/min	
50	4.8
300	6.6
800	8.0

^a El uso de estos factores no impide una falla por fatiga.

ANEXO A5

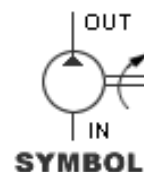
TABLA AT 28 PROPIEDADES DE CABLES METÁLICOS (unidades métricas)

Peso aproximado del cable w en kilogramos por metro; D_c = diámetro del cable; D_p = diámetro de la polea; A_m = área de metal en la sección transversal, en cm^2 ; E_r = módulo de elasticidad del cable, en kg/cm^2 ; los valores I.P.S. son válidos para acero de arados; M.P.S. para acero dulce de arados. Todos los valores son para cable con núcleo de fibra. En los cálculos *preliminares* puede ser de utilidad *estimar* las resistencias máximas totales en toneladas métricas en función de D_c en centímetros; por ejemplo, para cable 6×19 : calidad VHS, $F_u \approx 6,75 D_c^2 \text{ Tm}$; calidad IPS, $F_u \approx 5,90 D_c^2 \text{ Tm}$; calidad PS, $F_u \approx 5,06 D_c^2 \text{ Tm}$; calidad MPS, $F_u \approx 4,49 D_c^2 \text{ Tm}$. Multiplicar los valores dados por 1,075 para obtener la resistencia del cable tipo IWRC. Para acero de tracción de 6×19 , será un valor seguro $F_u = (0,87) \times (F_u \text{ para MPS})$.

DIÁ- METRO DEL CABLE D_c cm	Cable metálico 6×7 $w = 0,35D_c^2$ kg/m D_p min. = $42D_c$ cm D_p deseable = $72D_c$ cm			Cable metálico 6×19 $w = 0,37D_c^2$ kg/m D_p min. = $30D_c$ cm D_p deseable = $45D_c$ cm			Cable metálico 6×37 $w = 0,357D_c^2$ kg/m D_p min = $18D_c$ cm D_p deseable = = $27D_c$ cm $D_w \approx 0,048D_c$ cm $A_m \approx 0,4D_c^2$ cm ² $E_r \approx 843\,700$ kg/cm ² IWRC: $w \approx 0,394D_c^2$ kg/m	
	$D_w \approx 0,111D_c$ cm $A_m \approx 0,38D_c^2$ cm ² $E_r \approx 914\,000$ kg/cm ²			$D_w \approx 0,067D_c$ cm $A_m \approx 0,4D_c^2$ cm ² $E_r \approx 843\,700$ kg/cm ² IWRC: $w \approx 0,405D_c^2$ kg/m				
	RESISTENCIA NOMINAL A LA ROTURA EN TONELADAS MÉTRICAS, F_u							
	<i>I.P.S.</i>	<i>P.S.</i>	<i>M.P.S.</i>	<i>I.P.S.</i>	<i>P.S.</i>	<i>M.P.S.</i>	<i>I.P.S.</i>	<i>P.S.</i>
0,63	2,39	2,08	1,81	2,48	2,16	1,87	2,35	2,04
0,79	3,71	3,22	2,81	3,86	3,36	2,92	3,65	3,17
0,95	5,31	4,62	4,01	5,53	4,81	4,18	5,24	4,56
1,11	7,19	6,25	5,44	7,51	6,52	5,66	7,09	6,16
1,27	9,10	8,12	7,06	9,71	8,47	7,37	9,25	8,03
1,43	11,79	10,25	8,90	12,24	10,71	9,25	11,70	10,15
1,59	14,42	12,61	10,88	15,16	13,14	11,42	14,32	12,42
1,90	20,59	17,96	15,60	21,59	18,77	16,32	20,47	17,78
2,22	27,85	24,22	21,05	29,20	25,40	22,1	27,7	24,1
2,54	36,01	31,29	27,21	37,90	33,01	28,6	36,1	31,3
2,86	45,17	39,28	34,20	47,71	41,45	36,1	45,4	39,4
3,17	55,3	48,0	41,7	58,6	51,1	44,3	55,7	48,5
3,49	66,3	57,6	50,1	70,4	61,2	53,3	67,2	58,5
3,81	78,1	68,0	59,1	83,4	72,5	63,1	79,6	69,2
4,13				97,1	84,6	73,6	93,4	80,9
4,44				112,4	98,0	84,5	107,9	93,5
4,76				127,9	111,6	97,0	123,2	107,0
5,08				145,1	126,1	109,8	139,7	121,5
5,40				162,3	141,4		156,9	136,0
5,71				181,4	157,8		175,0	152,3
6,35				221,3	192,2		214,0	185,9
6,98				264,8	230,2		257,6	224,0

KOMPASS
Hydraulic components
SINCE 1978

P1,P2



P1	07	R	P	01	G	T
SERIES NUMBER P1 P2	DELIVERY(ml/rev) REFER TO SPECIFICATION	SHAFT ROTATING (VIEW FROM SHAFT END) R: CLOCKWISE L: COUNTER- CLOCKWISE	PORTS TYPE N:NPT U:UNF	SHAFT TYPE	FLANGE TYPE G: STANDARD (SAE AA) C D E	COVER TYPE T: STANDARD
				01(STANDARD)		
				04		
				07		
				10		
				12		

➔ SPECIFICATION

MODEL	DELIVERY(ml/rev)	MAX. PRESSURE kgf/cm ²	CONTINUOUS OPERATING PRESSURE	SPEED RANGE rpm		PORTS SIZE		WEIGHT(kg)
				MAX.	MIN.	OUT	IN	FLANGE TYPE
P101	1.3	250	210	4000	600	1/2"	3/8"	0.82
P102	2.0							0.91
P127	2.7							1.00
P135	3.4							1.05
P104	4.1							1.10
P105	5.1							1.14
P106	6.1							1.18
P107	7.4					1/2"	1/2"	1.27
P109	9.1					1.32		
P204	4.0	300	250	4000	600	3/4"	1/2"	2.32
P206	6.2							2.45
P208	8.4							2.55
P211	11.0							2.73
P214	14.3							2.85
P216	16.5							2.91
P219	19.2							3.14
P222	22.5							3.27
P225	25.0	250	210			1"	3/4"	3.36
P233	33.0							3.59

ANEXO B2



Solenoid operated Directional control valves

D4-02,03-A

(AC) TERMINAL BOX TYPE



D4-02,03-D(R)

(DC,RF) TERMINAL BOX TYPE



HOW TO ORDER

D5	-02	-2	B	2	L	-A1	5	-
SERIES NUMBER	VALVE SIZE	NUMBER OF VALVE POSITION	SPOOL SPRING ARRANGEMENT	SPOOL TYPE	COIL REVERSE POSITION	COIL TYPE	FREQUENCIES	LAMP
D4 JIS TYPE TERMINAL BOX TYPE	02 NG6	2	B: SPRING OFFSET D: POSITION MECHANIC	2,3,8	L: REVERSE	AC A1:AC 110V A2:AC 220V A3:AC 380V	5:50HZ 6:60HZ	None: STANDARD LAMP WITH B : LAMP WITHOUT
		3	C: SPRING CENTER	2,3,4,5 6,7,8,9 10,11,12		DC D1:DC 12V D2:DC 24V		
D5 DIN TYPE PLUG IN CONNECTOR	03 NG10	2	B: SPRING OFFSET D: POSITION MECHANIC	2,3,8	NONE STANDARD	RF R1:RF 110V R2:RF 220V		
		3	C: SPRING CENTER	2,3,4,5 6,7,8,9 10,11,12				

D5-02,03-A

(AC)D:DIN TYPE



D5-02,03-D(R)

(DC,RF)D:DIN TYPE





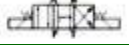

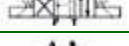


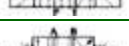




ANEXO B3


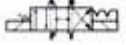
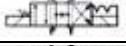
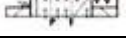


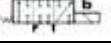
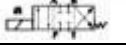

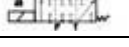
➔ SPECIFICATION


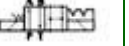

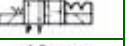
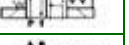

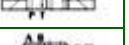


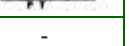
SPOOL TYPE	FLOW RANGE l/min				
	D4-02		D4-03		
	RATED RLOW	MAX. FLOW	RATED FLOW	MAX. FLOW	
3C2 3C4 3C10	40	60	60	100	
3C5 3C3 3C60	30	40	50	80	
2B2 2B3 2B8	40	60	60	100	
2D2 2D3	40	60	60	100	
(kgf/cm ²) MAX. PRESSURE	315(3C5,3C60MAX PRESSURE IS 250kgf/cm ²)				
(kgf/cm ²) MAX. BACK PRESSURE	160				
MAX. OPERATING FREQUENCIES	AC.DC:240CPM RF:120CPM				
(kgf/cm ²) TEMP. RANGE	5 °C-60°C				
cSf VISCOSITY	20-300 cst				
kg WEIGHT	(S) SINGLE	1.5(AC)	1.6(DC、RF)	3.3(AC)	3.6(DC)
	DOUBLE (D)	1.9(AC)	2.0(DC、RF)	4.0(AC)	4.8(DC)




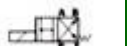











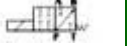


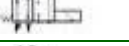
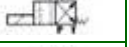
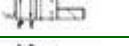

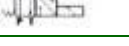
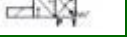
ANEXO B4













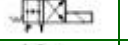



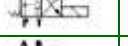



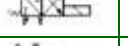
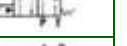


➔ SPOOL FUNCTION TABLE

POSITION SPRING CENTER	STANDARD ASSEMBLY
3C2	
3C3	
3C4	
3C40	
3C5	
3C60	
3C7	
3C8	
3C9	
3C10	
3C11	
3C12	

2 POSITION MECHANING	STANDARD ASSEMBLY
2D2	
2D3	
2D7	
2D8	
2 POSITION SPRING OFFSET	STANDARD ASSEMBLY
2B2	
2B3	
2B8	
2 POSITION SPRING OFFSET	STANDARD ASSEMBLY
2B2L	
2B3L	
2B8L	

2 POSITION MECHANING	STANDARD ASSEMBLY
2D2A	
2D3A	
2D4A	
2D40A	
2D5A	
2D7A	
2D9A	
2D10A	
2D11A	
2D12A	
-	-
-	-

2 POSITION SPRING OFFSET	STANDARD ASSEMBLY	REVERSE ASSEMBLY
2B2A		
2B3A		
2B4A		
2B40A		
2B5A		
2B60A		
2B7A		
2B8A		
2B9A		
2B10A		
2B11A		
2B12A		

2 POSITION SPRING OFFSET	STANDARD ASSEMBLY	REVERSE ASSEMBLY
2B2B		
2B3B		
2B4B		
2B40B		
2B5B		
2B60B		
2B7B		
2B8B		
2B9B		
2B10B		
2B11B		
2B12B		

ANEXO B5

COIL SPECIFICATION



SIZE	ELECTRIC SOURCE	COIL TYPE	FREQ (HZ)	(V) VOLTAGE		CURRENT & POWER AT RATED VOLTAGE		
				RATED SOURCE	SERVICE RANGE	INRUSH (A)	HOLDING (A)	(W) POWER
COIL-02 NG6	AC	A110	50	100	90-110	2.268	0.504	-
			60	100	90-115	1.638	0.364	
				110	99-126	1.962	0.435	
		A120	50	110	99-121	2.009	0.446	
			60	120	108-138	1.904	0.378	
		A220	50	200	180-220	1.239	0.275	
			60	200	180-220	0.885	0.196	
				220	198-253	1.060	0.235	
		A240	50	220	198-242	1.058	0.235	
			60	240	216-274	0.897	0.199	
		R110	50	100	90-115	0.308	0.308	
			60	110	99-126	0.333	0.333	
		R220	50	200	180-220	0.140	0.140	
			60	220	198-253	0.153	0.153	
	DC	D12	12		10.8-13.2	2.170	2.170	32
		D24	24		21.6-26.4	1.210	1.210	
COIL-03 NG10	AC	A110	50 100		90-110	4.039	0.734	-
			60	100	90-115	3.286	0.597	
				110	99-126	3.729	0.678	
		A120	50	110	99-121	3.560	0.654	
			60	120	108-138	3.292	0.598	
		A220	50	200	180-220	2.014	0.371	
			60	200	180-220	1.692	0.300	
				220	198-253	1.885	0.343	
		A240	50	220	198-242	2.492	0.453	
			60	240	216-274	2.158	0.392	
		R110	50	100	90-115	0.364	0.364	
			60	110	99-126	0.398	0.398	
		R220	50	200	180-220	0.169	0.169	
			60	220	198-253	0.184	0.184	
	DC	D12	12		10.8-13.2	3.320	3.320	26
		D14	24		21.6-26.4	1.440	1.440	

ANEXO B6

CILINDROS HIDRÁULICOS



OMA - CA - B - 120D - 100 - R45 - S1500 - 140K - Y

OMA: Model None: Standard Type

OMA: Shaft Teeth Screw On & Shaft Key Insert Type(Small)

OMB: Shaft Teeth Screw On & Shaft Key Insert Type(large FA)

OMC: Shaft Teeth Screw On & Shaft Key Insert Type(Large CA)

OMD: Production Machinery Purposes

OME: Synchronous Hydraulic Cylinder

RAM: RAM Type Hydraulic Cylinder

CA: Mounting Type

B: Cushioned Device B:2 sides R:rode side H:rear cover side None: non-cushioned

120D: Tube Outer Dia.(mm)

100: Tube Bore(mm)

R45: Rod Dia.(mm) R45:Piston Type R45R:RAM Type

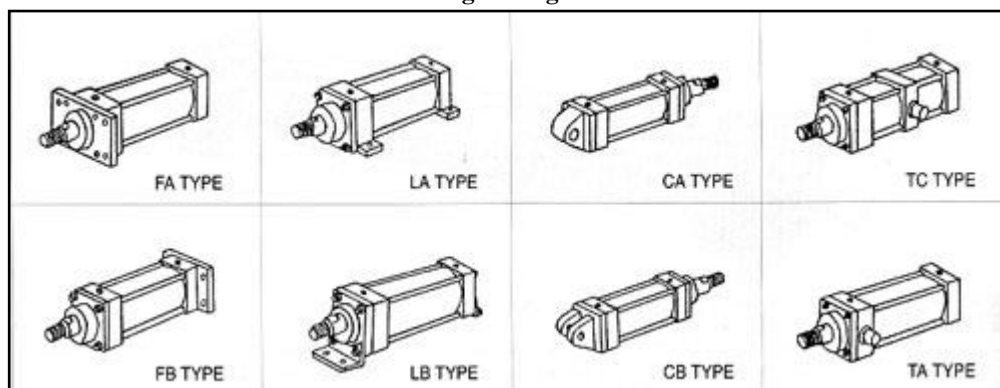
S1500: Stroke (mm)

140K: Working Pressure 70K: 70kgf/cm²(1000psi) 140K: 140kgf/cm²(2000psi)

210K: 210kgf/cm²(3000psi)

Y: Rod Adapter None: Without I:I Type Y:Y Type O:Bearing Type

Mounting Configurations



Pressure Control Valves

Pilot Operated Relief Valves (H TYPE)


→ HOW TO ORDER

BH	G	-06	B
SERIES NUMBER	TYPE OF CONNECTION	VALVE SIZE	PRESSURE ADJ. RANGE B:10-70kgf/cm ²
	G:SUB-PLATE TYPE	06	C:35-140kgf/cm ²
BH	T:THREADE TYPE	10	H:70-250kgf/cm ²


→ SPECIFICATION

MODEL		MAX. OPERATING PRESSURE kgf/cm ²	PRESSURE ADJ. RANGE (kgf/cm ²)	RATED FLOW (l/min)	WEIGHT(kg)	
SUB- PLATE TYPE	THREAD TYPE				BHG	BHT
-	BHT-04	250	B:10-70 C:35-140 H:70-250	100	-	2.4
BHG-06	BHT-06			200	7.2	4.0
BHG-10	BHT-10			400	12.0	7.0

ANEXO B8

REGULADORES DE CAUDAL

Reguladores de caudal con antiretorno

	<p><u>TVC - 04</u></p> <p>TVC: Modelo 04: Tamaño del puerto 02: PT 1/4 03: PT 3/8 04: PT 1/2 06: PT 3/4</p>
---	---

Modelo	Presión Máxima kgf/cm ² (psi)	Caudal máximo l/min(GPM)	Peso kg(lb)	Dimensiones mm(inch)					
				A	B	C	D	E	F
TVC-02	350(5000)	12(3.2)	0.26(0.57)	62(2.440)	38(1.496)	23(0.905)	7(0.275)	25(0.984)	1/4"
TVC-03		20(5.3)	0.34(0.75)	70(2.755)	38(1.496)	26(1.023)	7(0.275)	25(0.984)	3/8"
TVC-04		30(7.9)	0.55(1.21)	81(3.189)	41(1.614)	32(1.259)	10(0.393)	30(1.181)	1/2"
TVC-06		50(13.2)	0.79(1.74)	91(3.582)	52(2.407)	41(1.614)	10(0.275)	30(1.181)	3/4"

Hydraulic components

SINCE 1978

Oil Coolers & Filtration & Accessories

Return Filters

FPC



→ HOW TO ORDER


FPC	-06	-P	A	1
SERIES NUMBER FPC	VALVE SIZE 06 08 10 12	MOUNTED P:PIPING T:TANK 12PR:PARALLEL 12P :Series	mesh ELEMENT TYPE,μ A:10μ(Paper) B:25μ(Paper) -:100mesh(steel)	PRESSURE INDICATOR NONE: WITHOUT 1.VISUAL INDICATOR 2.ELECTLICAL INDICATOR


→ SPECIFICATION


MODEL	SIZE PT	FLOW(L/min)	MOUNTED
FPC-06P	3/4"	67	P:PIPING 12PR:PARALLEL 12P:SERIES T:Tank
FPC-08P	1"	100	
FPC-10P	1 1/4"	190	
FPC-06T	3/4"	67	
FPC-08T	1"	100	
FPC-12P	1 1/2"	375	
FPC-12PR	1 1/2"	375	

ANEXO B10

ACOPLAMIENTOS ELÁSTICOS NM.DC.OK Types

	<u>OK- 5018</u>		
	OK: Group		
	5018:Shaft Size		
	Model Number	Horse Power	Bore
	OK-4012	1 HP	11-22
	OK-4016	2-3 HP	15-30
	OK-5016	5 HP	15-38
	OK-5018	7.5-10 HP	19-45
	OK-6018	15-20 HP	22-55
	OK-6022	30 HP	25-75
	OK-8018	40 HP	30-78
	OK-8022	50 HP	35-95
	OK-10020	75 HP	38-110

	<u>DC - 28</u>		
	DC: Group		
	28:Shaft Size		
	Model Number	Horse Power	Bore
	DC-28	1HP	10-28

	<u>NM- 97</u>		
	NM: Group		
	97:Shaft Size		
	Model Number	Horse Power	Bore
	NM-67	1 HP	8-28
	NM-82	2-3 HP	10-32
	NM-97	5-7.5 HP	12-42
	NM-112	10-15 HP	14-48
	NM-128	20 HP	18-55
	NM-148	30 HP	22-65
	NM-168	50 HP	28-76

PLANOS